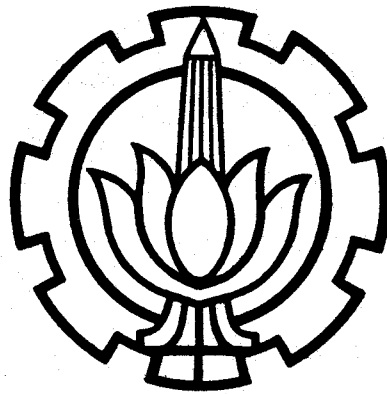


4097 / IT / H / 91 ✓

# **STUDI PERENCANAAN KERETA GANTUNG SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI DI DAERAH WISATA GUNUNG BROMO**



PSE  
621.462  
Pac  
C-1  
1990

Oleh :

*Arief Rachman*  
NRP. 2852200376

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA**

## ABSTRAK

---

Dengan turunnya harga minyak di pasaran dunia, maka pemasukan devisa bagi bangsa Indonesia menjadi berkurang. Untuk itu Pemerintah bertekad memperbesar pemasukan devisa dari sektor non migas, di antaranya melalui sektor pariwisata.

Salah satu hal yang menjadi masalah bagi para wisatawan di daerah wisata Gunung Bromo adalah tiadanya sarana transportasi antara Cemaralawang dengan Kawah Bromo melintasi lautan pasir.

Salah satu alternatif pemecahannya adalah dengan mempergunakan Kereta gantung, karena selain dapat dinikmati keindahan panorama Gunung Bromo dan sekitarnya, kelestarian lingkungan dapat juga dipertahankan.

Pada tugas akhir ini dibahas perencanaan kereta gantung sebagai sarana transportasi. Untuk penggerakannya dipakai motor listrik, dimana kecepatannya dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan.

## KATA PENGANTAR

---

Puji syukur kami panjatkan ke hadlirat Alloh SWT yang telah melimpahkan segala rahmat-Nya, hingga terselesaikannya Tugas Akhir kami dengan judul :

**STUDI PERENCANAAN  
KERETA GANTUNG SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI  
DI DAERAH WISATA GUNUNG BROMO**

Tugas akhir dengan bobot 6 SKS ini kami susun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Kami menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak luput dari kesalahan-kesalahan. Untuk itu kami sangat mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca demi perbaikan tulisan ini.

Akhirnya, besar harapan kami akan guna dan manfaat dari buku ini bagi para pembaca pada umumnya dan rekan-rekan mahasiswa pada khususnya.

Penyusun

## UCAPAN TERIMA KASIH

---

Dengan segala kerendahan hati, perkenankanlah kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bp. Ir. Syariffuddin Mahmudsyah, M.Eng selaku dosen pembimbing sekaligus sebagai Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
2. Bp. Dr. Ir. Ontoseno Penangsang, selaku Koordinator Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga Jurusan Teknik Elektro FTI ITS Surabaya.
3. Bp. Dr. Ir. Susilo Matair, selaku Dosen Wali.

## DAFTAR ISI

### BAB

### HALAMAN

JUDUL	.....	i
PERSETUJUAN	.....	ii
ABSTRAK	.....	iii
KATA PENGANTAR	.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	.....	v
DAFTAR ISI	.....	vi
DAFTAR GAMBAR	.....	x
DAFTAR TABEL	.....	xii
I	PENDAHULUAN .....	1
1. 1.	Latar Belakang .....	1
1. 2.	Permasalahan .....	4
1. 3.	Pembatasan Masalah .....	4
1. 4.	Relevansi .....	5

II	MOTOR LISTRIK .....	6
2.1.	Klasifikasi Motor Listrik .....	6
2.1.1.	Motor Arus Searah .....	6
2.1.2.1.	Motor DC Penguatan Terpisah .....	7
2.1.2.2.	Motor DC Seri .....	8
2.1.2.3.	Motor DC Shunt .....	9
2.1.2.4.	Motor DC Kompon .....	10
2.1.	Motor Arus Bolak-Balik .....	11
2.2.	Sistem Pengontrolan Motor Listrik .....	19
2.2.1.	Metoda Pengasutan Motor Listrik .....	19
2.2.1.1.	Pengasutan Motor Arus Searah .....	19
2.2.1.2.	Pengasutan Motor Arus Bolak-balik .....	20
2.2.1.2.1.	Sistem Bintang-Segitiga ( Wye-Delta ) ..	20
2.2.1.2.2.	Dengan Autotransformer .....	22
2.2.1.2.3.	Dengan Primary Resistor .....	23
2.2.1.2.4.	Dengan Primary Reactor .....	24
2.2.2.	Pengaturan Kecepatan .....	24
2.2.2.1.	Pengaturan Kecepatan Motor Arus Searah ..	24
2.2.2.2.	Pengaturan Kecepatan Motor Induksi .....	27
2.2.3.	Dasar Pemilihan .....	27
2.2.3.1.	Pertimbangan Beban .....	28
2.2.3.2.	Pertimbangan Tenaga Listrik .....	29
2.2.3.3.	Pertimbangan Ekonomi .....	32

III	KERETA GANTUNG SEBAGAI SARANA TRANS- PORTASI .....	33
3.1.	Lokasi .....	33
3.2.	Penentuan Lintasan .....	36
3.2.1.	Lintasan Antara Cemaralawang ( titik 1 ) Dengan Titik 2 .....	36
3.2.2.	Lintasan Antara Titik 2 Dan Titik 3 ....	39
3.2.3.	Lintasan Antara Titik 3 Dan Titik 4 ....	40
3.2.4.	Lintasan Antara Titik 4 Dan Titik 5 ....	42
3.2.5.	Lintasan Antara Titik 5 Dan Titik 6 ....	43
3.2.6.	Lintasan Antara Titik 6 Dan Titik 7 ....	44
3.2.7.	Lintasan Antara Titik 7 Dan Titik 8 ....	45
3.2.8.	Lintasan Antara Titik 8 Dan Titik 9 ....	46
3.2.9.	Lintasan Antara Titik 9 Dan Titik 10 ( Kawah Bromo ) .....	47
3.3	Kriteria Perencanaan .....	50
3.4.	Karakteristik Beban .....	51
IV	PERENCANAAN MOTOR PENGGERAK .....	56
4.1.	Pemilihan Jenis Motor .....	56
4.2.	Pemilihan Kapasitas Motor .....	59

**BAB****HALAMAN**

4. 3.	Sistem Tenaga Listrik .....	64
4. 3. 1.	Penyearah Jembatan Gelombang Penuh Tiga Fasa .....	64
4. 3. 2.	Rangkaian Filter .....	68
4. 4.	Sistem Pengaturan Kecepatan .....	70
4. 4. 1.	Rangkaian Chopper .....	72
4. 4. 2.	Rangkaian Kontrol .....	76
4. 5.	Perhitungan Ekonomi .....	79
4. 5. 1.	Kendaraan Type 1 .....	79
4. 5. 2.	Kendaraan Type 2 .....	81
V	PENUTUP .....	84
5. 1.	Kesimpulan .....	84
5. 2.	Saran-saran .....	85
	DAFTAR PUSTAKA .....	86
	APPENDIKS A .....	88
	APPENDIKS B .....	93
	USULAN .....	102



## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	HALAMAN
2.1. Karakteristik Motor DC Penguatan Terpisah ....	8
2.2. Karakteristik Motor DC Seri .....	9
2.3. Karakteristik Motor DC Shunt .....	10
2.4. Karakteristik Motor DC Kompon .....	10
2.5. Karakteristik Motor Induksi .....	14
2.6. Karakteristik Efisiensi Motor Induksi Tiga Phasa .....	15
2.7. Rangkaian Pengganti Motor Induksi .....	16
2.8. Rangkaian Pengganti Motor Induksi Dengan Memindahkan Besaran Sekunder Ke Sisi Primer ..	17
2.9. Diagram Vektor Dari Rangkaian Motor Induksi ..	18
2.10. Rangkaian Starter Dengan Sistem Wye-Delta ....	21
2.11. Rangkaian Starter Dengan Autotransformer .....	22
2.12. Rangkaian Starter Dengan Primary Resistor ....	23
2.13. Karakteristik Kecepatan Motor DC Dengan Pengaturan Medan .....	25
2.14. Karakteristik Kecepatan Motor DC Dengan Pengaturan Jangkar .....	26

**GAMBAR****HALAMAN**

3.1.	Profil Antara Bromo - Cemaralawang .....	35
3.2.	Lintasan Kereta Gantung .....	49
3.3.	Karakteristik Beban .....	54
4.1.	Hubungan Antara Karakteristik Motor DC Shunt Dengan Beban .....	58
4.2.	Perioda Pembebanan .....	62
4.3.	Rangkaian Penyearah Jembatan Gelombang Penuh Tiga Fasa .....	65
4.4.	Diagram Vektor Untuk Penyearah Jembatan Gelombang Penuh Tiga Fasa .....	65
4.5.	Bentuk Gelombang Tegangan Dari Penyearah Jembatan Gelombang Penuh Tiga Fasa .....	66
4.6.	Rangkaian Dasar Penyearah Jembatan Gelombang Penuh Tiga Fasa Dengan Filter .....	68
4.7.	Diagram Blok Dasar Sistem Pengaturan Kecepatan	71
4.8.	Rangkaian Dasar Parallel Capacitor Turn-Off Chopper .....	72
4.9.	Bentuk Gelombang Tegangan Dan Arus Dari Rangkaian Chopper .....	74
4.10.	Rangkaian Kontrol .....	77
4.11.	Gelombang Output Dari Rangkaian Kontrol .....	78
4.12.	Perbandingan Kedua Type Kendaraan .....	83

## DAFTAR TABEL

### TABEL

### HALAMAN

1. 1.	Jumlah Wisatawan Yang Berkunjung Ke Gunung Bromo .....	3
2. 1.	Pengaruh Perubahan Tegangan Terhadap Karakteristik Motor DC .....	30
2. 2.	Pengaruh Perubahan Tegangan Dan Frekwensi Terhadap Karakteristik Motor Induksi .....	31
4. 1.	Perioda Pembebanan .....	61

# **STUDI PERENCANAAN KERETA GANTUNG SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI DI DAERAH WISATA GUNUNG BROMO**

## **TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Elektro

Pada

Bidang Studi Teknik Sistem Tenaga  
Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Mengetahui / Menyetujui  
Dosen Pembimbing



Ir. Syariffuddin Mahmudsyah, M. Eng

**S U R A B A Y A**

**J U L I , 1 9 9 0**

# BAB I

## PENDAHULUAN

---

### 1.1. LATAR BELAKANG.

Minyak dan Gas Bumi ( Migas ) merupakan sumber devisa yang utama bagi bangsa Indonesia. Tetapi dengan turunnya harga minyak di pasaran dunia, maka pemasukan devisa bagi bangsa Indonesia menjadi berkurang. Sedangkan pembangunan yang sedang dilakukan bangsa Indonesia dewasa ini membutuhkan biaya yang semakin besar saja.

Karenanya Pemerintah Indonesia bertekad untuk memperbesar pemasukan devisa dari sektor non migas, di antaranya melalui sektor pariwisata. Untuk itu dicanangkanlah program sadar wisata, salah satu di antaranya adalah dengan menetapkan Daerah-daerah Tujuan Wisata, untuk menarik arus wisatawan menjadi lebih besar lagi.

Daerah-daerah Tujuan Wisata ini dibangun dan digalakkan secara serentak di sepuluh propinsi, yaitu Daerah Khusus Ibukota Jakarta Raya, Jawa Barat, Jawa

Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, Jawa Timur, Bali, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Sulawesi Selatan dan Sulawesi Utara.<sup>1)</sup> Untuk Jawa Timur meliputi wilayah Kota Surabaya, Malang (Trowulan, Pandaan, Tretes), Gunung Bromo dan Pulau Madura serta Banyuwangi.

Dengan dikembangkannya Gunung Bromo sebagai salah satu lokasi tujuan wisata di Jawa Timur, maka makin banyaklah para wisatawan yang berkunjung, baik itu wisatawan asing maupun domestik. Hal itu dapat dilihat pada tabel 1.1.

Untuk itu Pemerintah Daerah Jawa Timur berusaha berbenah diri dengan meningkatkan sarana dan prasarana yang ada di Gunung Bromo, sehingga diharapkan jumlah wisatawan yang datang berkunjung akan semakin banyak lagi.

Di antara masalah-masalah yang terdapat di Gunung Bromo, salah satu di antaranya adalah masalah transportasi di lautan pasir antara Cemaralawang dengan Kawah Bromo. Apabila digunakan kendaraan bermotor, selain menimbulkan polusi udara juga dikhawatirkan dapat merusak kelestarian lingkungan. Sedangkan untuk berjalan kaki pada lautan pasir tersebut tentu saja amat melelahkan.

---

<sup>1)</sup> Direktorat Jenderal Pariwisata, Pariwisata Indonesia 1978, Departemen Perhubungan R I, Jakarta, 1978, page 17.

TABEL 1. 1  
JUMLAH WISATAWAN YANG BERKUNJUNG KE GUNUNG BROMO.

No	Bulan	Warga Negara			
		Indonesia		Asing	
		1987	1988	1987	1988
1	Januari	1.923	12.005	511	557
2	Pebruari	1.514	1.595	492	645
3	Maret	1.929	2.693	653	691
4	April	1.642	2.260	575	1.215
5	Mei	2.879	4.856	559	844
6	Juni	5.903	5.482	207	1.071
7	Juli	6.055	5.114	1.334	2.302
8	Agustus	4.379	2.637	1.309	2.216
9	September	1.983	2.262	645	1.616
10	Oktober	2.866	2.577	706	1.414
11	Nopember	2.221	1.653	522	880
12	Desember	4.922	18.225	453	735
13	Jumlah	38.216	61.359	7.966	14.186

Sumber : Mandala Wisata, Ngadisari, Sukapura.

Untuk mengatasi masalah tersebut di atas perlu dipikirkan sistem transportasi alternatif yang nyaman, andal, tidak menimbulkan polusi dan dapat menjaga kelestarian lingkungan.

## 1.2. PERMASALAHAN.

Bertitik tolak dari masalah yang ditimbulkan karena tiadanya sarana transportasi antara Cemaralawang dengan Kawah Bromo, kereta gantung yang digerakkan oleh motor listrik merupakan suatu alternatif pemecahannya. Oleh karena itu perlu dipikirkan rancangan sistem transportasi dengan menggunakan kereta gantung, yang merupakan suatu studi pendahuluan agar kereta gantung dapat lebih banyak digunakan di Indonesia.

## 1.3. PEMBATASAN MASALAH.

Studi perencanaan kereta gantung merupakan suatu proses yang kompleks karena selain memperhitungkan faktor-faktor teknis, faktor ekonomisnya harus pula diperhatikan agar dapat dihasilkan kereta gantung yang tidak saja mempunyai sifat-sifat teknis serta karakteristik kerja yang baik tetapi juga murah.

Pada tugas akhir ini pembahasan dilakukan dengan menitik beratkan pada desain atau karakteristik elektris saja yang meliputi pemilihan jenis, kapasitas daya, sistem tenaga listrik dan pengaturan kecepatan dari motor penggerak. Sedangkan karakteristik dari rangkaian elektronika tidak dibahas secara detail, tetapi dipakai sebagai penunjang dari masalah yang sedang dibahas.



#### 1.4. RELEVANSI.

Penggunaan kereta gantung diharapkan dapat mengatasi masalah transportasi di daerah wisata Gunung Bromo. Riset dan pengembangan kereta gantung perlu dilakukan dari sekarang agar nantinya dapat menjadi sarana transportasi yang andal dan ekonomis.

Hasil studi ini diharapkan dapat dijadikan bahan perencanaan pemenuhan kebutuhan sarana transportasi di daerah wisata Gunung Bromo. Selain itu dapat juga dipakai sebagai tambahan literatur untuk pembahasan masalah-masalah yang serupa.

## BAB II

# MOTOR LISTRIK

---

### 2.1. KLASIFIKASI MOTOR LISTRIK.

Motor listrik adalah mesin listrik yang dipergunakan untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanis. Secara umum motor-motor listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua macam berdasarkan sumber tenaga listrik yang dipergunakan, yaitu motor arus searah dan motor arus bolak-balik.

#### 2.1.1. Motor Arus Searah ( Motor DC ).

Bagian-bagian penting dari suatu motor arus searah adalah stator dan rotor. Stator adalah bagian yang tetap dimana pada bagian ini terdapat kutub-kutub magnet berupa kumparan-kumparan. Dengan mengalirkan arus pada kumparan ini, maka akan timbul suatu medan magnet.

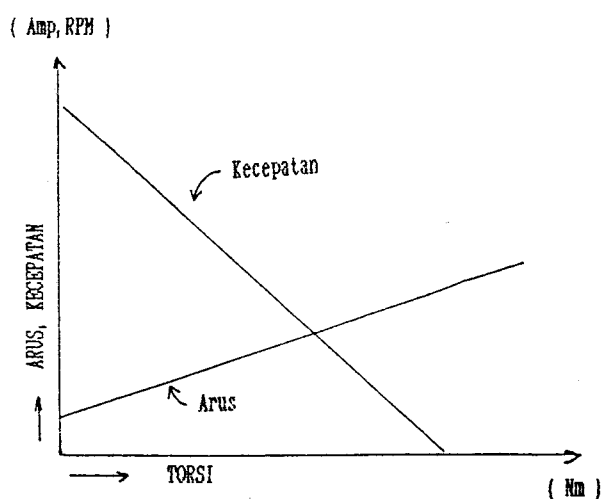
Rotor adalah bagian yang berputar dimana pada bagian ini ditempatkan silinder-silinder dari baja lunak berbentuk lapis-lapis yang disebut jangkar. Pada permukaan jangkar tersebut terdapat aluran berarah dan padanya ditempatkan sejumlah penghantar.

Timbulnya gerak putar pada motor disebabkan adanya gaya yang dialami oleh penghantar-penghantar pada rangkaian jangkar sebagai akibat adanya interaksi antara medan magnet yang dihasilkan oleh kutub-kutub magnet utama dengan penghantar berarus pada jangkar.

Apabila ditinjau dari penguatan medannya motor DC dapat dibedakan menjadi motor DC dengan penguatan terpisah dan motor DC dengan penguatan sendiri. Sedangkan pada motor DC dengan penguatan sendiri, dilihat dari hubungan antara kumparan medan dan jangkarnya dapat dibedakan menjadi motor DC seri, motor DC shunt, dan motor DC kompon.

#### 2.1.1.1. Motor DC Penguatan Terpisah.

Medan yang dihasilkan berasal dari magnet permanen dengan kutub-kutub yang berlawanan. Fluks magnet yang ditimbulkan oleh magnet tersebut menyebabkan gaya pada penghantar berarus pada jangkar. Medan magnet yang dihasilkan senantiasa tetap pada kecepatan yang berbeda-beda sehingga kurva kecepatan-torsi dan arus-torsinya berbentuk linier.

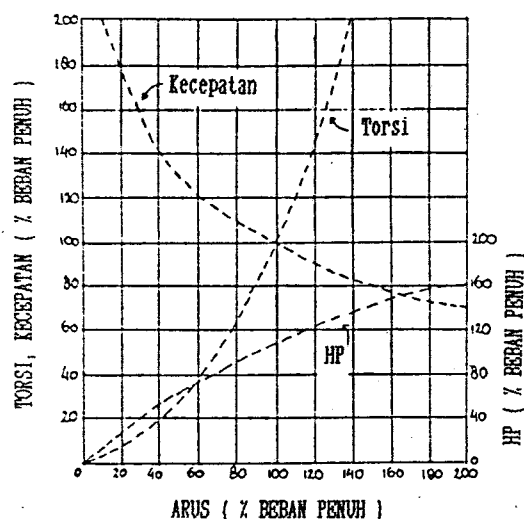


GAMBAR 2.1

KARAKTERISTIK MOTOR DC PENGUATAN TERPISAH.

#### 2.1.1.2. Motor DC Seri.

Medan yang dihasilkan berasal dari kumparan yang terpasang seri dengan jangkaranya. Dari karakteristiknya dapat dilihat bahwa pada saat motor start, harga arus adalah maksimum. Sehingga medan magnet mempunyai kerapatan maksimum juga dan akibatnya torsi mempunyai harga maksimum. Apabila kecepatannya bertambah, maka arus akan berkurang, demikian juga fluks magnetnya. Secara teoritis motor jenis ini tidak boleh terlepas dari bebannya karena motor akan mempunyai kecepatan yang sangat tinggi. Untuk motor-motor dengan kapasitas kecil, gesekan sikat dan bantalan dapat dianggap sebagai beban sehingga dapat menjaga kecepatan pada keadaan tanpa beban.



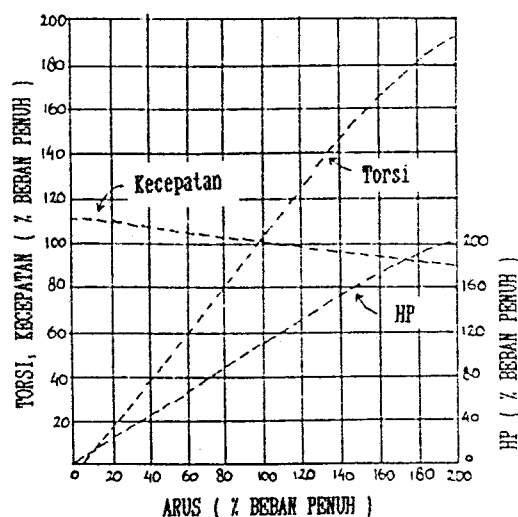
GAMBAR 2.2

KARAKTERISTIK MOTOR DC SERI.

#### 2.1.1.3. Motor DC Shunt.

Medan yang dihasilkan berasal dari kumparan yang paralel dengan jangkar. Karakteristiknya hampir sama dengan karakteristik pada motor DC dengan penguatan terpisah.

Hanya saja pada motor DC shunt terdapat pengaruh fluks demagnetisasi pada jangkar. Jika bebannya naik, maka fluks demagnetisasi jangkar akan melemahkan medan utamanya sehingga kecepatannya akan sedikit menurun hingga titik tertentu yang selanjutnya akan menurun secara drastis pada harga torsi tertentu.

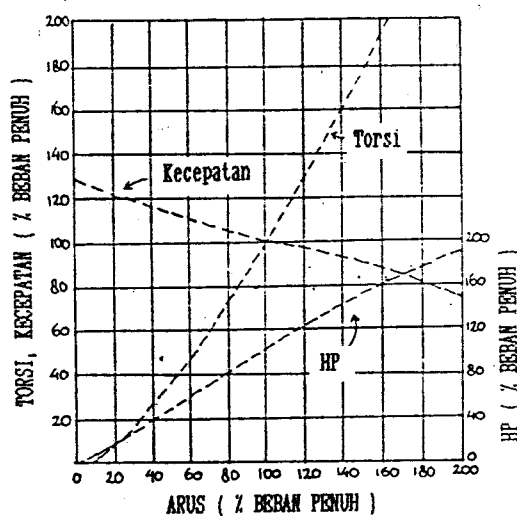


GAMBAR 2.3

KARAKTERISTIK MOTOR DC SHUNT.

## 2.1.1.4. Motor DC Kompon.

Pada motor DC jenis ini rangkaian medannya ada dua, yaitu seri dan paralel dengan jangkarnya. Medan yang dihasilkan oleh kumparan yang paralel akan lebih besar. Hal tersebut dimaksudkan untuk membantu start motor, biasanya pada motor-motor kecil.



GAMBAR 2.4

KARAKTERISTIK MOTOR DC KOMPON.

### 2.1.2. Motor Arus Bolak-Balik ( Motor AC ).

Apabila sumber tegangan bolak-balik dipergunakan untuk mensuplai kumparan medan pada stator, maka akan timbul medan magnet yang berputar dengan kecepatan sinkron ( $n_s$ ). Medan putar ini akan melalui celah udara dan memotong batang konduktor pada rotor sehingga timbul tegangan induksi. Karena kumparan jangkar merupakan suatu rangkaian tertutup, maka tegangan induksi tersebut menghasilkan arus. Adanya arus di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya pada rotor. Apabila kopel yang ditimbulkan oleh gaya tersebut cukup besar untuk mengatasi kopel beban, maka rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. Kecepatan putar rotor tersebut dinyatakan dalam  $n_r$ . Perbedaan relatif antara kecepatan medan putar dengan kecepatan rotor disebut dengan slip dan dinyatakan dengan :

$$s = \frac{n_s - n_r}{n_s} \cdot 100 \% \dots\dots\dots ( 2.1 )$$

Pada motor arus bolak-balik satu fasa, untuk menimbulkan medan putar harus ditambahkan kumparan bantu yang diseri dengan suatu kondensator. Kondensator ini menyebabkan suatu pergeseran fasa antara arus dalam

kumparan bantu dengan tegangannya. Sehingga antara medan kumparan bantu dengan medan kumparan utama membentuk semacam medan putar.

Motor arus bolak-balik dapat diklasifikasikan menurut beberapa cara peninjauan, antara lain ditinjau dari sifat penggunaan, mekanis, elektris, dll.

Ditinjau dari segi penggunaannya motor arus bolak-balik dapat dikelompokkan menjadi :<sup>2)</sup>

1. General purpose motor.

Motor-motor yang direncanakan untuk berbagai keperluan dengan karakteristik dan rating yang standard.

2. Definite purpose motor.

Motor yang direncanakan untuk penggunaan tertentu dengan karakteristik operasi dan rating yang standard.

3. Special purpose motor.

Motor yang direncanakan untuk tujuan khusus, dengan karakteristik menurut tujuan dan konstruksi khusus.

---

<sup>2)</sup> Robert Smeaton, Motor Application And Maintenance Handbook, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1968, p. 7-3.



Ditinjau dari rangkaian rotornya, motor arus bolak-balik dapat diklasifikasikan menjadi :

1. Motor dengan rotor sangkar.
2. Motor dengan rotor gulung.

Apabila ditinjau dari segi tegangan catunya, maka motor arus bolak-balik dapat dikelompokkan menjadi :

1. Motor satu phasa.

Motor satu phasa adalah motor yang mempunyai gulungan kumparan medan satu phasa dengan catu tegangan satu phasa.

2. Motor phasa banyak.

Kumparan statornya tiga phasa dengan catu tegangan tiga phasa.

3. Motor universal.

Pada prinsipnya motor ini adalah motor DC seri yang dirancang sedemikian hingga dapat dioperasikan dengan tegangan bolak-balik dengan frekwensi tertentu. Konstruksi dasarnya terdiri dari rotor, stator dan sikat-sikat.

Ditinjau dari medan putar stator dan putaran rotornya, motor arus bolak-balik dapat diklasifikasikan menjadi :

1. Motor sinkron.

Konstruksi motor ini menyerupai generator sinkron.

Tidak timbulnya slip antara putaran medan stator dengan putaran rotor menyebabkan perlunya alat bantu untuk start. Misalnya dengan motor dc yang seporos dengan motor sinkron.

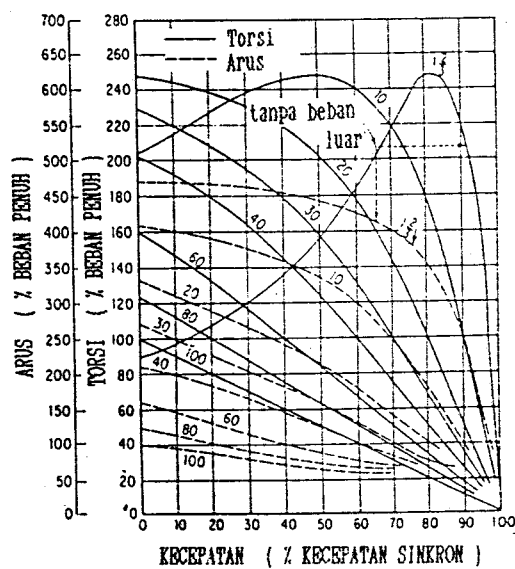
## 2. Motor asinkron.

Biasanya disebut juga motor induksi. Antara kecepatan medan putar dan kecepatan rotor terdapat perbedaan atau disebut dengan slip.

Sifat-sifat Umum Motor Arus Bolak-balik.

### 1. Karakteristik Umum Motor Induksi.

#### a. Karakteristik Kecepatan-torsi dan Kecepatan-arus.

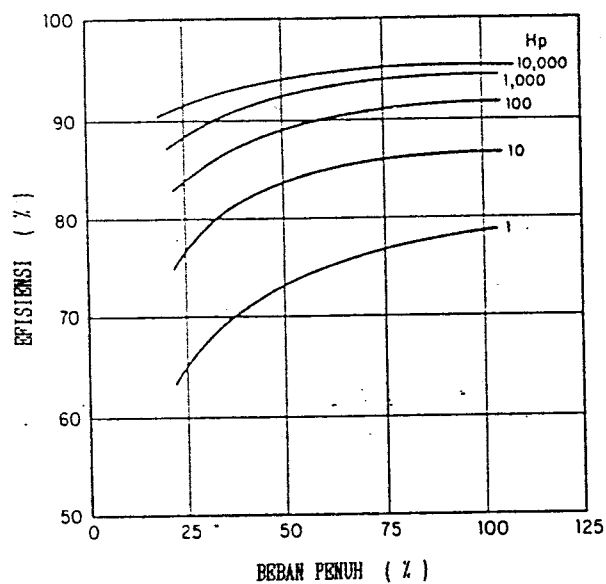
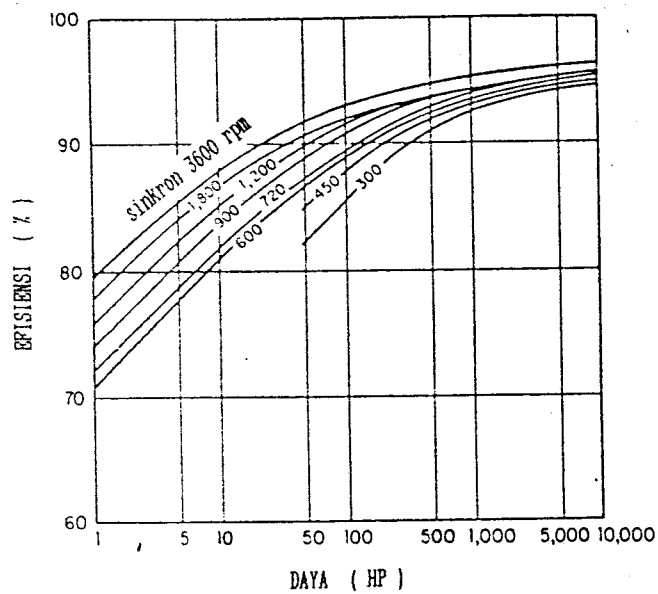


GAMBAR 2.5<sup>3)</sup>

KARAKTERISTIK MOTOR INDUKSI.

<sup>3)</sup> Ibid, page 3-51.

## b. Karakteristik efisiensi.



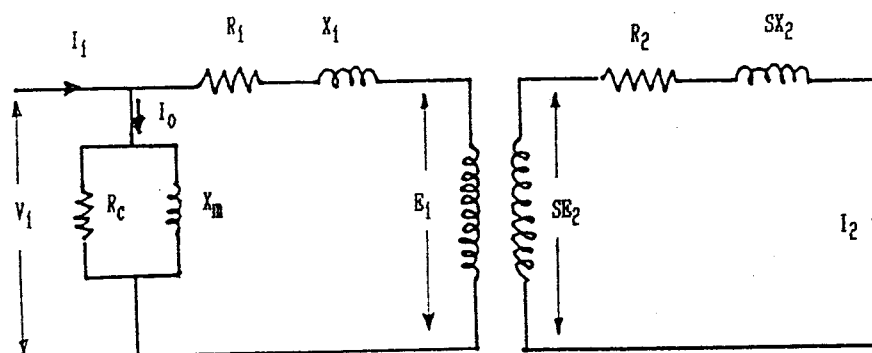
GAMBAR 2. 6<sup>4)</sup>

KARAKTERISTIK EFISIENSI MOTOR INDUKSI TIGA PHASA.

<sup>4)</sup> Ibid, page 3-47.

## 2. Rangkaian pengganti motor induksi.<sup>5)</sup>

Rangkaian pengganti dari motor induksi sama seperti pada rangkaian pengganti transformator tiga phasa, dimana lilitan-lilitan stator sebagai kumparan primer dan lilitan rotor sebagai kumparan sekunder. Namun pada motor induksi frekwensi arus sekunder berubah sesuai dengan besarnya slip.

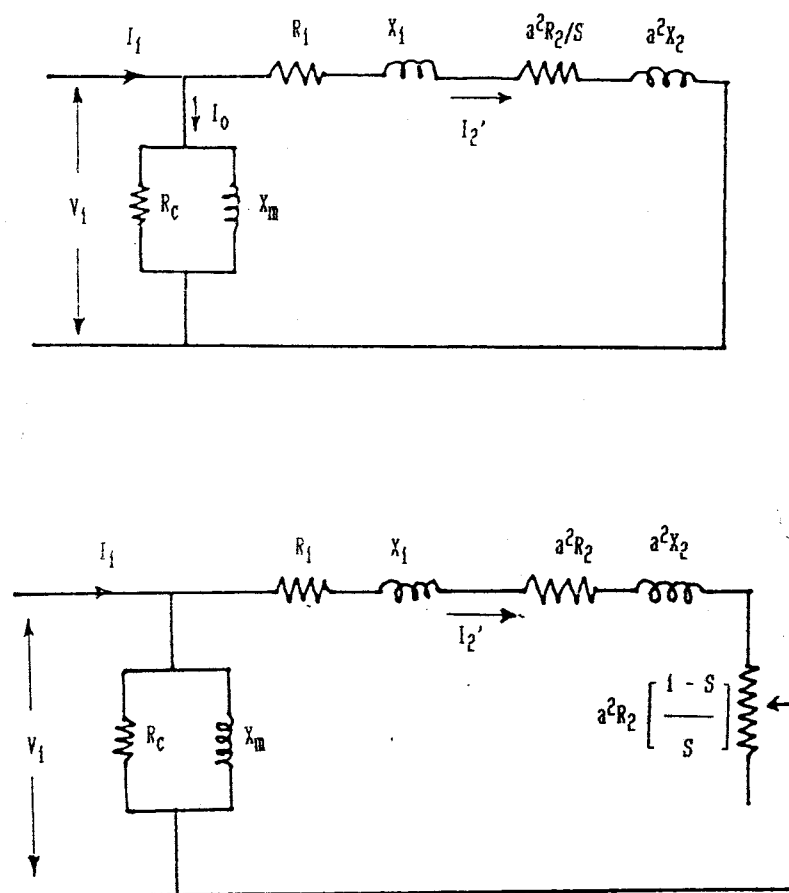


GAMBAR 2.7

### RANGKAIAN PENGGANTI MOTOR INDUKSI.

Dengan memindahkan besaran-besaran sisi sekunder ke sisi primer, maka didapatkan rangkaian seperti pada gambar 2.8.

<sup>5)</sup> Zuhail, Dasar Tenaga Listrik, ITB, Bandung, 1977, page 28.



GAMBAR 2. 8

RANGKAIAN PENGGANTI MOTOR INDUKSI DENGAN MEMINDAHKAN  
BESARAN SEKUNDER KE SISI PRIMER.

dengan :

$$\frac{R_2}{s} = R_2 + R_2 \left[ \frac{1-s}{s} \right]$$

dimana :

$R_1$  = tahanan kumparan stator ; Ohm.

$X_1$  = reaktansi induktif kumparan stator ; Ohm.

$R_2$  = tahanan kumparan rotor ; Ohm.

$X_2$  = reaktansi bocor kumparan rotor ; Ohm.

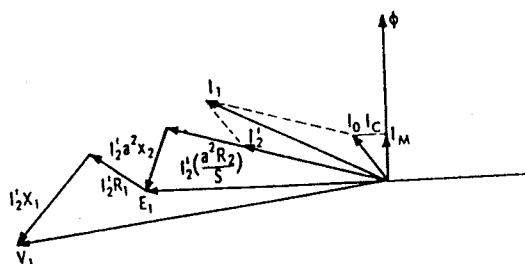
$V_1$  = tegangan catu ; Volt.

$a$  = perbandingan transformasi.

$r_c$  = tahanan rangkaian shunt.

$x_m$  = reaktansi bocor.

Karena besarnya arus bocor  $I_0$  sangat kecil, maka dapat diabaikan.



GAMBAR 2.9

DIAGRAM VEKTOR DARI RANGKAIAN MOTOR INDUKSI.

## 2.2. SISTEM PENGONTROLAN MOTOR LISTRIK.

Pada pengoperasian motor listrik secara umum, yang tercakup dalam pengontrolan motor listrik meliputi pengasutan dan pengaturan kecepatan .

### 2.2.1. Metoda Pengasutan Motor Listrik.

Pada saat start motor listrik akan menarik arus dari jala-jala sebesar tiga sampai sepuluh kali arus nominalnya.<sup>6)</sup> Bertitik tolak dari hal tersebut, maka untuk motor-motor besar diperlukan adanya peralatan asut untuk mengurangi arus mula yang terlalu tinggi.

#### 2.2.1.1. Pengasutan Motor Arus Searah.

Untuk membatasi arus mula pada saat dihubungkan ke jala-jala digunakan tahanan asut, yaitu tahanan yang dipasang seri dengan jangkar. Untuk motor-motor dengan kapasitas kecil tahanan jangkarnya relatif sudah tinggi sehingga tidak diperlukan adanya tahanan asut. Untuk motor-motor besar biasanya tahanan asut dipilih sedemikian hingga arus mulanya sama dengan satu setengah kali arus nominalnya.

---

<sup>6)</sup> D.J.Fink, J.H.Carrol, Standard Handbook For Electrical Engineers, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 10<sup>th</sup> Ed., 1968, p. 18-154.

Berdasarkan cara menjalankannya alat asut motor DC dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Alat asut manual.

Alat asut ini lebih sesuai digunakan untuk motor yang pengoperasiannya tidak sering dimatikan dan dijalankan kembali. Letak alat asut ini harus berada di dekat motor yang dioperasikan.

Pemindahan dari harga tahanan satu ke harga tahanan yang lain dilakukan secara manual.

2. Alat asut otomatis.

Pemindahan dari harga tahanan satu ke harga tahanan yang lainnya dilakukan oleh kontaktor-kontaktor magnetik dengan time delay yang dapat diatur.

**2.2.1.2. Pengasutan Motor Arus Bolak-balik.**

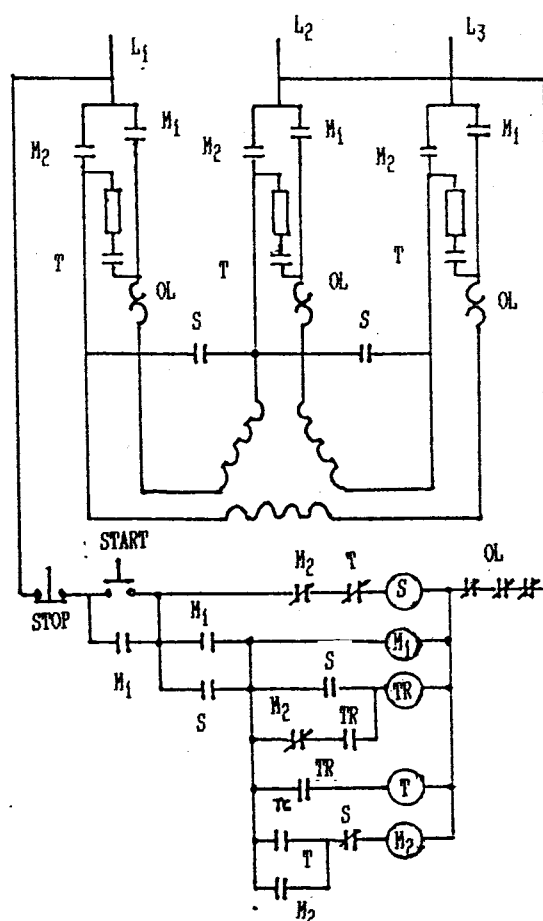
Metoda pengasutan untuk motor arus bolak-balik tiga fasa yang paling banyak digunakan untuk keperluan industri adalah sistem wye-delta, dengan peralatan autotransformer, primary resistor dan primary reactor.

**2.2.1.2.1. Sistem bintang segitiga ( wye-delta ).**

Pada prinsipnya metoda ini mengatur tegangan yang masuk ke rangkaian stator dengan cara mengatur



hubungan tegangan catu, dari hubungan bintang ke hubungan segitiga. Pengaturan ini dapat dilakukan baik secara manual maupun otomatis. Secara umum rangkaian starter wye-delta dapat dilihat pada gambar 2.10.



GAMBAR 2.10

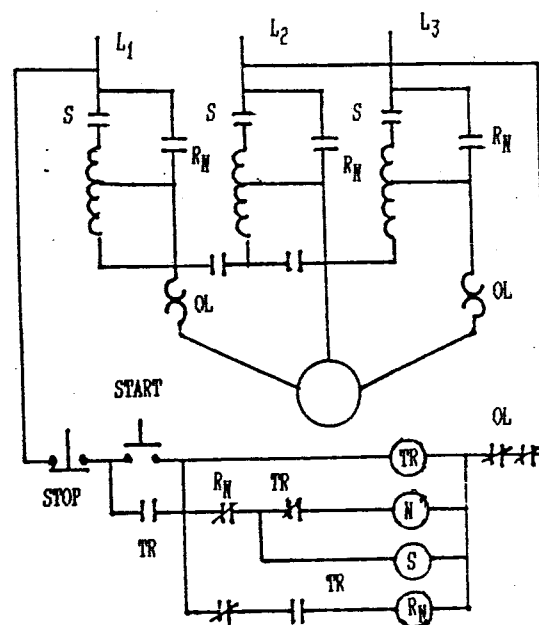
RANGKAIAN STARTER DENGAN SISTEM WYE-DELTA.

Harga arus mula pada rangkaian saat hubungan bintang adalah sepertiga dari harga arus mula jika motor dihubungkan delta. Dengan kata lain sistem ini dapat mengurangi harga arus mula hingga sepertiga kalinya jika motor dihubungkan langsung.

Sedangkan torsi mula yang dihasilkan oleh sistem ini besarnya sepertiga kali harga torsi mula jika motor dihubungkan langsung.

#### 2.2.1.2.2. Dengan autotransformer.

Tegangan yang dicatukan ke rangkaian stator diatur dengan memindahkan tap-tap pada trafo. Secara umum rangkaian starter dengan autotransformer dapat dilihat pada gambar 2.11.



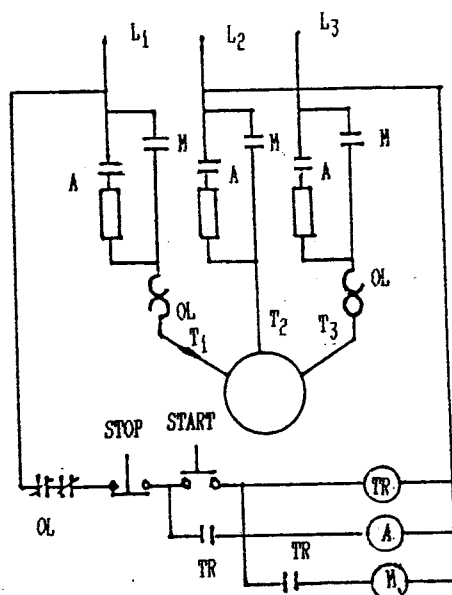
GAMBAR 2.11

RANGKAIAN STARTER DENGAN AUTOTRANSFORMER.

Harga arus start pada rangkaian dapat berkurang dengan faktor  $k_a^2$  jika dibandingkan dengan harga arus mula bila motor dihubungkan secara langsung ke jala-jala. Sedangkan torsi mulanya akan berkurang juga dengan faktor  $k_a^2$  bila dibandingkan dengan cara asut langsung.

#### 2.2.1.2.3. Dengan primary resistor.

Sistem ini menggunakan beberapa tahanan yang dipasang seri dengan rangkaian stator. Prinsipnya adalah mengurangi tegangan catu dengan mengatur tegangan jatuh pada tahanan tersebut. Arus mula akan berkurang sesuai dengan tegangan yang masuk dan berbanding secara langsung.



GAMBAR 2.12

RANGKAIAN STARTER DENGAN PRIMARY RESISTOR.

#### 2.2.1.2.4. Dengan primary reactor.

Prinsipnya adalah sama dengan metoda primary resistor, hanya saja resistornya diganti dengan reactor. Pada metoda asut dengan sistem ini torsinya tidak dipentingkan. Jadi hanya mementingkan arus mula saja.

#### 2.2.2. Pengaturan Kecepatan.

##### 2.2.2.1. Pengaturan Kecepatan Motor Arus Searah.

Kecepatan putar motor arus searah dapat diatur dengan beberapa cara, antara lain :

1. Mengatur arus medannya.
2. Mengatur tegangan jangkarnya.
3. Mengatur kedua-duanya.

Dengan mengatur arus medannya kecepatan putar motor hanya dapat dibuat lebih tinggi dari pada kecepatan nominalnya. Seperti terlihat pada persamaan :

$$E_t = c \cdot n \cdot \bar{\phi} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

$E_t$  = ggl lawan pada jangkar, Volt.

$c$  = konstanta.

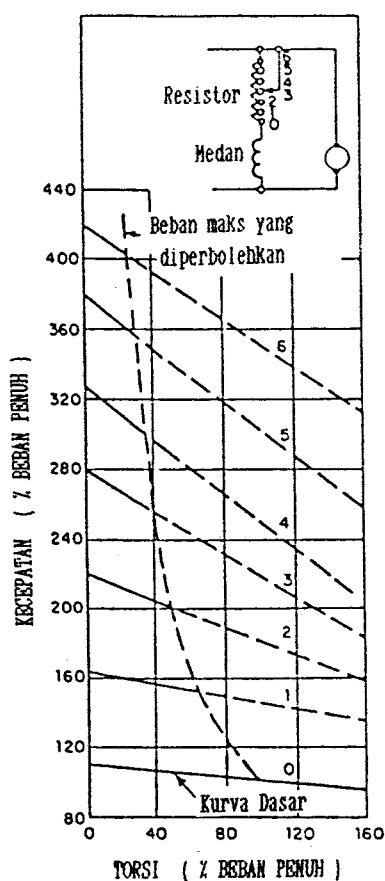
$n$  = kecepatan motor, RPS.

$\bar{\phi}$  = medan magnet, Weber.

Kalau kuat medannya dikurangi, torsinya akan menjadi lebih kecil. Akan tetapi motornya akan tetap memberikan daya maksimum sehingga kecepatan putarnya meningkat.

Jika kecepatan putar motor harus diatur sampai di

bawah kecepatan nominalnya, maka harus digunakan tahanan yang dihubungkan seri dengan jangkarnya. Karena arus medannya tetap, maka motor dapat memberikan torsi maksimumnya. Daya yang diberikan oleh motor berkurang karena sebagian energinya hilang dalam tahanan pengatur yang dihubungkan seri dengan jangkar. Karakteristik torsi untuk motor DC dengan pengaturan medannya terlihat pada gambar 2.13.

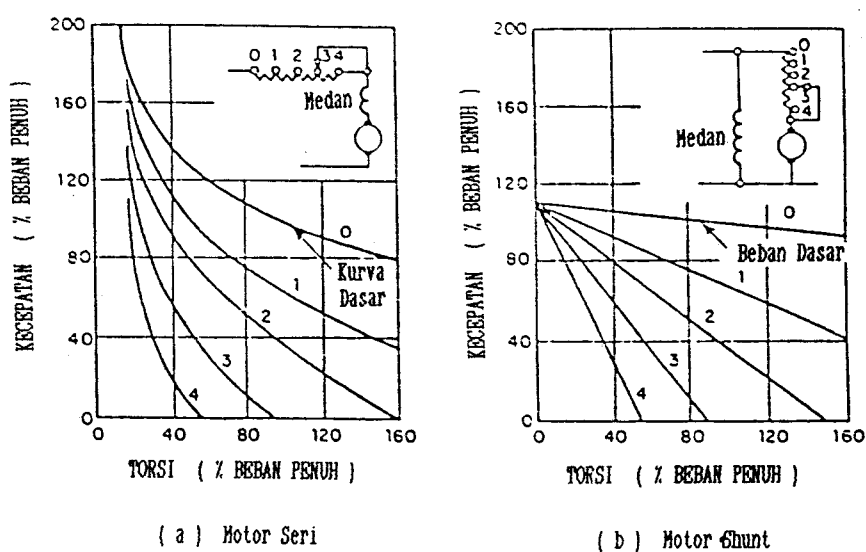


GAMBAR 2.13<sup>7)</sup>

#### KARAKTERISTIK KECEPATAN MOTOR DC DENGAN PENGATURAN MEDAN.

<sup>7)</sup> Electrical Motor Reference Issue, Motor Design, April, 1974, page 140.

Sedangkan pengaturan kecepatan dengan sistem pengaturan tegangan jangkar dapat dilakukan dengan memasang tahanan secara seri dengan jangkarnya. Metoda ini dapat digunakan pada motor dc seri maupun motor dc shunt dan dapat digunakan untuk mengatur kecepatan sampai di bawah kecepatan nominalnya.



GAMBAR 2.14<sup>8)</sup>

KARAKTERISTIK KECEPATAN MOTOR DC DENGAN PENGATURAN JANGKAR.

<sup>8)</sup> Ibid, page 139.

#### 2.2.2.2. Pengaturan Kecepatan Motor Induksi.

Ditinjau dari bagian yang diatur pada motor induksi, maka dikenal dua prinsip pengaturan kecepatan yaitu :

1. Pengaturan Kecepatan dengan mengontrol sisi stator.

Ada beberapa cara, yaitu :

- a. dengan mengatur tegangan catu.
- b. dengan mengatur jumlah pasang kutub.
- c. dengan mengatur frekwensi power suplai

2. Pengaturan Kecepatan dengan mengontrol sisi rotor.

Ada dua cara, yaitu :

- a. dengan mengubah harga tahanan pada rangkaian rotornya.
- b. dengan memberikan suatu tambahan emf ke rangkaian rotor dengan frekwensi yang sama dengan frekwensi emf rotor.

#### 2.3. DASAR PEMILIHAN MOTOR LISTRIK.

Untuk menentukan jenis motor listrik yang akan digunakan sebagai pendukung mekanisme sistem dalam suatu industri, maka ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan. Pertama adalah menentukan jenis beban yang akan digerakkan oleh motor tersebut. Kedua

pertimbangan tenaga listrik yang akan digunakan dan yang ketiga adalah pertimbangan segi ekonomi.

### 2.3.1. Pertimbangan Beban.

Beban mempunyai bermacam-macam karakteristik torsi. Untuk membedakan jenis-jenis beban, maka dikenal beberapa istilah untuk menyatakan torsi beban, antara lain :

#### a. Breakway.

Breakway atau yang biasa disebut dengan lock-rotor torque adalah torsi yang diperlukan untuk memutar poros pada saat start.

#### b. Accelerating.

Accelerating biasanya dinyatakan dalam prosen dari torsi nominal. Dan didefinisikan sebagai torsi yang diperlukan untuk mempercepat dari keadaan diam ke keadaan putaran penuh.

#### c. Peak Torque.

Torsi maksimum sesaat yang diperlukan oleh suatu beban terhadap penggerakannya.

Jenis-jenis beban juga dibedakan atas beberapa faktor, yaitu antara lain :

#### a. Inertia Ratio, yang didefinisikan sebagai perbandingan inertia beban dengan kemampuan motor penggerakannya.

#### b. Ambient, yaitu situasi di sekitar beban yang akan digerakkan.



- c. Environment, yaitu jenis udara dan iklim dimana beban tersebut berada.
- d. Mounting, yaitu cara pemasangan yang digunakan mesin.
- e. How Driven, yaitu bagaimana cara mesin tersebut digerakkan.
- f. Pengatur Kecepatan, yaitu perlu tidaknya beban diatur kecepatannya.

Dari beberapa faktor tersebut, maka berbagai jenis beban atau mesin-mesin yang akan digerakkan oleh motor diklasifikasikan dalam suatu tabel pada appendix A.

#### 2.3.2. Pertimbangan Tenaga Listrik.

Pertimbangan ini meliputi beberapa faktor, antara lain :

- a. Jenis Tegangan Catu.

Catu daya yang dipergunakan tersedia dalam sistem arus searah atau bolak-balik.

- b. Tegangan.

Tegangan yang bisa didapatkan dari PLN tersedia dengan nominalnya 220/380 Volt, 127/220 Volt atau tegangan 20.000 Volt.

- c. Frekwensi.

Untuk Indonesia standard frekwensi yang dipergunakan adalah 50 Hertz.

Perubahan penampilan suatu motor terhadap perubahan frekwensi dan tegangan kerja ditabelkan seperti pada tabel 2.1

TABEL 2.1<sup>9)</sup>

PENGARUH PERUBAHAN TEGANGAN TERHADAP KARAKTERISTIK MOTOR DC.

Variasi tegangan	Torsi start & maksimum	Kec. pada beban penuh	Efisiensi			Arus beban penuh	Perubahan temp. beban penuh	Kapasitas beban lebih maksimum	Noise magnetisasi
			beban penuh	beban 75%	beban 50%				
MOTOR SHUNT									
120 %	naik 30 %	110 %	naik sedikit	tidak berubah	turun sedikit	turun 17 %	medan utama naik. medan komutasi & jangkar turun.	naik 30 %	naik sedikit
110 %	naik 15 %	105 %	naik sedikit	tidak berubah	turun sedikit	turun 8,5 %	medan utama naik. medan komutasi & jangkar turun.	naik 15 %	naik sedikit
90 %	turun 16 %	95 %	turun sedikit	tidak berubah	naik sedikit	naik 11,5 %	medan utama turun medan komutasi & jangkar naik.	turun 16 %	turun sedikit
MOTOR KOMPOH									
120 %	naik 30 %	112 %	naik sedikit	tidak berubah	turun sedikit	turun 17 %	medan utama naik. medan komutasi & jangkar turun.	naik 30 %	naik sedikit
110 %	naik 15 %	106 %	naik sedikit	tidak berubah	turun sedikit	turun 8,5 %	madan utama naik. medan komutasi & jangkar turun.	naik 15 %	naik sedikit
90 %	turun 16 %	94 %	turun sedikit	tidak berubah	naik sedikit	naik 11,5 %	medan utama turun medan komutasi & jangkar naik.	turun 16 %	turun sedikit

<sup>9)</sup> Smeaton, op. cit, page 3-37.

TABEL 2. 2<sup>10)</sup>

PENGARUH PERUBAHAN TEGANGAN DAN FREKWENSI TERHADAP  
KARAKTERISTIK MOTOR INDUKSI.

Karakteristik	Motor AC ( induksi )			
	Tegangan		Frekwensi	
	110 %	90 %	105 %	95 %
Torsi start dan kecepatan maksimum .....	naik 21 %	turun 19 %	turun 10 %	naik 11 %
Kecepatan :				
Sinkron .....	tetap	tetap	naik 5 %	turun 5 %
Beban penuh .....	naik 1 %	turun 1,5 %	naik 5 %	turun 5 %
% slip .....	turun 17 %	naik 23 %	berubah sedikit	berubah sedikit
Efisiensi :				
Beban penuh .....	naik 0,5-1 nilai	turun 2 nilai	naik sedikit	turun sedikit
Beban 75 % .....	berubah sedikit	berubah sedikit	naik sedikit	turun sedikit
Beban 50 % .....	turun 1-2 nilai	naik 1-2 nilai	naik sedikit	turun sedikit
Power faktor :				
Beban penuh .....	turun 3 nilai	naik 1 nilai	naik sedikit	turun sedikit
Beban 75 % .....	turun 4 nilai	naik 2-3 nilai	naik sedikit	turun sedikit
Beban 50 % .....	turun 5-6 nilai	naik 4-5 nilai	naik sedikit	naik sedikit
Arus :				
Start .....	naik 10-12 %	turun 10-12 %	turun 5-6 %	naik 5-6 %
Beban penuh .....	turun 7 %	naik 11 %	turun sedikit	naik sedikit
Kenaikan temperatur	turun 3-4° C	naik 6-7° C	turun sedikit	naik sedikit
Kapasitas beban lebih maksimum .....	naik 21 %	turun 19 %	turun sedikit	naik sedikit
Noise magnetisasi ..	naik sedikit	turun sedikit	turun sedikit	naik sedikit

<sup>10)</sup> Ibid, page 3-49.

### 2.3.3. Pertimbangan Ekonomi.

Dalam memilih suatu motor setelah dipertimbangkan segi-segi beban dan catu daya listriknya, maka pertimbangan terakhir adalah segi ekonomisnya. Pertimbangan ini meliputi :

#### a. Umur Motor.

Umur suatu motor listrik sangat mempengaruhi nilai investasi modal yang ditanamkan pada peralatan tersebut. Semakin panjang umurnya semakin menguntungkan.

#### b. Pemeliharaan.

Semakin banyak komponen yang ada pada motor tersebut, maka semakin diperlukan pemeliharaan yang lebih sehingga biaya yang diperlukan semakin besar.

#### c. Efisiensi.

Semakin tinggi efisiensi motor, maka semakin ekonomis untuk dioperasikan. Biasanya semakin besar kapasitas motor semakin tinggi efisiensinya, sehingga diperlukan ketepatan dalam pemilihan untuk mendapatkan nilai ekonomis yang tinggi.

## BAB III

### KERETA GANTUNG SEBAGAI SARANA TRANSPORTASI

---

#### 3.1. LOKASI.

Gunung Bromo bersama-sama dengan gunung Batok, gunung Widodaren, gunung Watangan dan gunung Kursi termasuk dalam kompleks pegunungan Tengger dan berada pada Kaldera Tengger, yang bentuknya serupa dengan cawan cekung. Kaldera Tengger tersebut terletak pada koordinat  $7^{\circ} 54,6' - 7^{\circ} 59,32' \text{ LS}$  dan  $6^{\circ} 5,41' - 6^{\circ} 11,35' \text{ BT}$ . Gunung Bromo bersama dengan gunung Semeru merupakan dua puncak yang paling aktif dan terkenal di antara 47 puncak lain yang bertebaran di Taman Nasional Bromo - Tengger - Semeru.

Taman nasional ini terletak pada titik pertemuan batas empat kabupaten, yaitu Malang, Lumajang, Pasuruan dan Probolinggo dengan luas keseluruhan 56.843,75 hektar. Kawasan ini membentang dari utara ke selatan sepanjang 40 km dan dari timur ke barat sepanjang 30 km.

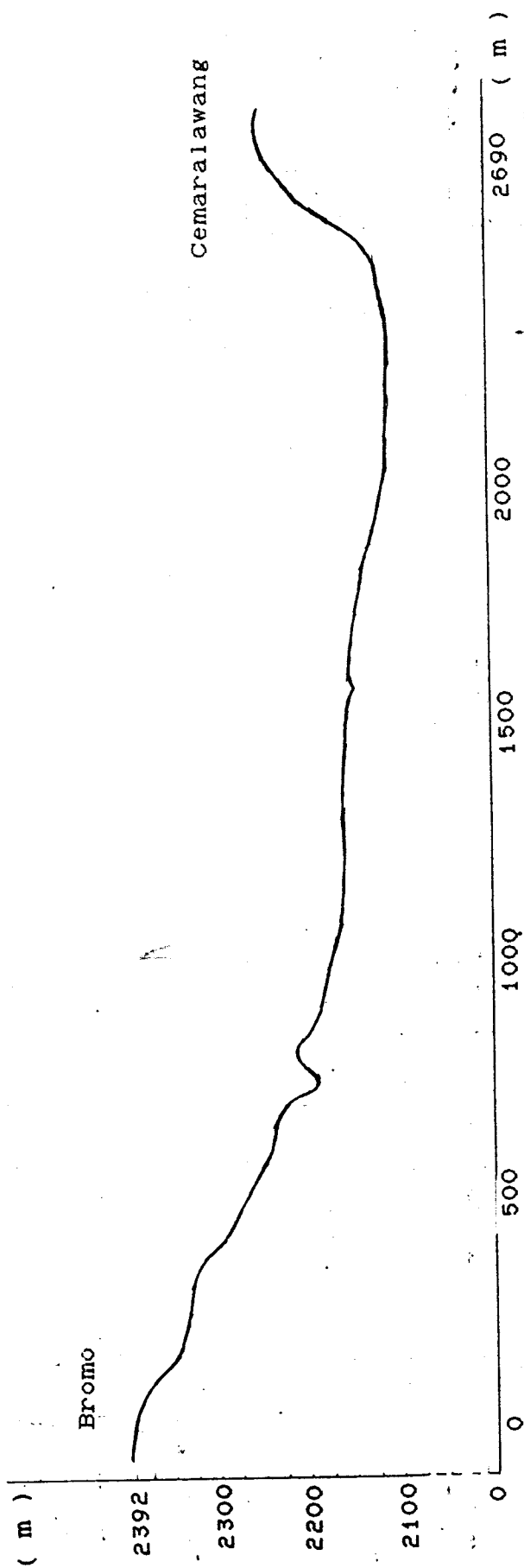
Di ujung paling utara Taman Nasional terhampar lautan pasir Tengger seluas  $5.290 \text{ m}^2$  dengan dikelilingi bukit-bukit yang membentuk Kaldera. Pintu masuk bagi kendaraan agar dapat mencapai lautan pasir hanya ada di beberapa tempat tertentu saja.

Pada studi ini direncanakan kereta gantung yang dipasang antara gunung Bromo ( 2392 m ) dengan gunung Cemaralawang ( 2227 m ) melintasi lautan pasir yang tingginya rata-rata 2100 m. Adapun profil dari lokasi Kereta gantung ini dapat dilihat pada gambar 3.1.

Adapun keadaan alam dari gunung Bromo adalah sebagai berikut :

- |                          |   |
|--------------------------|---|
| a. Ketinggian            | : 2392 m dari permukaan laut.                 |
| b. Diameter kawah        | : 400 m.                                      |
| c. Lebar lubang kepundan | : 15 m.                                       |
| d. Suhu rata-rata        | : 2°C - 8°C pada malam hari di musim kemarau. |
|                          | 17°C - 22°C pada siang hari di musim kemarau. |
|                          | 8°C - 16°C pada malam hari di musim hujan.    |
|                          | 11°C - 20°C pada siang hari di musim hujan.   |
| e. Tekanan udara         | : 768 mbar.                                   |
| f. Kelembaban udara      | : 50 % - 60 %                                 |
| g. Curah hujan           | : 1750 mm - 2000 mm per tahun.                |
| h. Kecepatan angin       | : 40 km / jam.                                |
| i. Arah angin            | : berpindah-pindah.                           |

Sumber : Dinas Vulkanologi, Ngadisari, Sukapura.



GAMBAR 3.1

PROFIL ANTARA BROMO - CEMARALAWANG

### 3.2. PENENTUAN LINTASAN.

Lintasan kereta gantung ini adalah kawat baja yang ditopang oleh tiang-tiang penyangga dan terbentang antara Gunung Bromo dan Gunung Cemaralawang yang berjarak 2690 m. Karena kondisi alamnya, maka lintasan ini dibagi menjadi 9 bagian, yaitu :

1. Lintasan antara Cemaralawang ( titik 1 ) dengan titik 2.
2. Lintasan antara titik 2 dengan titik 3.
3. Lintasan antara titik 3 dengan titik 4.
4. Lintasan antara titik 4 dengan titik 5.
5. Lintasan antara titik 5 dengan titik 6.
6. Lintasan antara titik 6 dengan titik 7.
7. Lintasan antara titik 7 dengan titik 8.
8. Lintasan antara titik 8 dengan titik 9.
9. Lintasan antara titik 9 dengan titik 10 ( Kawah Bromo ).

#### 3.2.1. Lintasan Antara Cemaralawang ( titik 1 ) dengan Titik 2.

Antara Cemaralawang dengan titik 2 mempunyai jarak sejauh 290 m dan perbedaan ketinggian sebesar 77 m. Adapun data dari kawat baja yang akan dipergunakan adalah sebagai berikut :



- a. massa jenis<sup>11)</sup> ,  $\rho = 7,83 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
- b. diameter ,  $d = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$
- c. kekuatan tarik<sup>12)</sup> ,  $\sigma = 150 \text{ kg/mm}^2$

Dari data di atas, maka dapatlah ditentukan :

- a. luas penampang ,  $A = \pi \cdot r^2$
- $$= 3,14 \cdot 0,01^2$$
- $$= 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$
- b. massa kawat ,  $m = \rho \cdot A$
- $$= 7,83 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 10^{-4}$$
- $$= 2,459 \text{ kg/m}$$
- c. Kemampuan beban ,  $F = \sigma \cdot A$
- $$= 150 \cdot 3,14 \cdot 10^2$$
- $$= 47.100 \text{ kg}$$

Besarnya andongan maksimum dari lintasan ini adalah :

$$f_{\text{maks}} = \frac{s^2 \cdot \tau_{\text{tot}}}{8 \cdot F}$$

11) H. Rudenko, Materials Handling Equipment, 2<sup>nd</sup> Edition, page 38.

12) Ibid, page 38.

dimana :

$f_{maks}$  = besarnya andongan maksimum, m

$s$  = jarak lintasan

$r_{tot}$  = berat kawat total

$F$  = kemampuan beban

Karena adanya angin yang bertiup dengan cukup kencang pada lokasi ini, maka perlu pula diperhitungkan besarnya tahanan angin tersebut, yaitu :

$$r_w = C \cdot p \cdot Q$$

dimana :

$r_w$  = tahanan angin

$C$  = faktor bentuk = 1

$p$  = faktor tahanan angin =  $0,106 \text{ kg/m}^2$

$Q$  = luas penampang kawat yang tegak lurus arah angin =  $5,8 \text{ m}^2$

Maka besarnya tahanan angin adalah

$$\begin{aligned} r_w &= C \cdot p \cdot Q \\ &= 1 \cdot 0,106 \cdot 5,8 \\ &= 0,615 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Berat kawat total akan menjadi :

$$\begin{aligned} r_{tot} &= \sqrt{(m^2 + r_m^2)} \\ &= \sqrt{(2,459^2 + 0,615^2)} = 2,53 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Besarnya andongan maksimum adalah :

$$\begin{aligned}
 f_{\text{maks}} &= \frac{s^2 \cdot r_{\text{tot}}}{8 \cdot F} \\
 &= \frac{290^2 \cdot 2,53}{8 \cdot 47100} \\
 &= 0,565 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### 3.2.2. Lintasan Antara Titik 2 Dan Titik 3.

Jarak antara titik 2 dengan titik 3 adalah sejauh 300 m dan mempunyai perbedaan ketinggian sebesar 25 m. Besarnya andongan maksimum adalah .

$$f_{\text{maks}} = \frac{s^2 \cdot r_{\text{tot}}}{8 \cdot F}$$

dimana :

$$r_{\text{tot}} = \sqrt{(m^2 + r_w^2)}$$

Pada lintasan ini besarnya tahanan angin adalah

$$\begin{aligned}
 r_w &= C \cdot p \cdot Q \\
 &= 1 \cdot 0,106 \cdot 6 \\
 &= 0,636 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

dimana :

Q = luas penampang kawat sepanjang 300 m yang tegak lurus arah angin.

Maka :

$$\begin{aligned} r_{\text{tot}} &= \sqrt{m^2 + r_w^2} \\ &= \sqrt{2,459^2 + 0,636^2} \\ &= 2,54 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Besarnya andongan maksimum adalah sebesar

$$\begin{aligned} f_{\text{maks}} &= \frac{s^2 \cdot r_{\text{tot}}}{8 \cdot F} \\ &= \frac{300^2 \cdot 2,54}{8 \cdot 47100} \\ &= 0,61 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3.2.3. Lintasan Antara Titik 3 Dan Titik 4.

Jarak antara titik 3 dengan titik 4 adalah sejauh 300 m dan mempunyai perbedaan ketinggian sebesar 20 m. Besarnya andongan maksimum adalah

$$f_{\text{maks}} = \frac{s^2 \cdot r_{\text{tot}}}{8 \cdot F}$$

dimana :

$$r_{tot} = \sqrt{m^2 + r_w^2}$$

Pada lintasan ini besarnya tahanan angin adalah

$$\begin{aligned} r_w &= C \cdot p \cdot Q \\ &= 1 \cdot 0,106 \cdot 6 \\ &= 0,636 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} r_{tot} &= \sqrt{m^2 + r_w^2} \\ &= \sqrt{2,459^2 + 0,636^2} \\ &= 2,54 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Besarnya andongan maksimum adalah sebesar

$$\begin{aligned} f_{maks} &= \frac{s^2 \cdot r_{tot}}{8 \cdot F} \\ &= \frac{300^2 \cdot 2,54}{8 \cdot 47100} \\ &= 0,61 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3.2.4. Lintasan Antara Titik 4 Dan Titik 5.

Jarak antara titik 4 dengan titik 5 adalah sejauh 300 m dan mempunyai perbedaan ketinggian sebesar 15 m. Besarnya andongan maksimum adalah

$$f_{\text{maks}} = \frac{s^2 \cdot r_{\text{tot}}}{8 \cdot F}$$

dimana :

$$r_{\text{tot}} = \sqrt{(m^2 + r_w^2)}$$

Pada lintasan ini besarnya tahanan angin adalah

$$\begin{aligned} r_w &= C \cdot p \cdot Q \\ &= 1 \cdot 0,106 \cdot 6 \\ &= 0,636 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} r_{\text{tot}} &= \sqrt{(m^2 + r_w^2)} \\ &= \sqrt{(2,459^2 + 0,636^2)} \\ &= 2,54 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Besarnya andongan maksimum adalah sebesar

$$f_{\text{maks}} = \frac{s^2 \cdot r_{\text{tot}}}{8 \cdot F}$$

$$= \frac{300^2 \cdot 2,54}{8 \cdot 47100}$$

$$f_{\text{maks}} = 0,61 \text{ m}$$

### 3.2.5. Lintasan Antara Titik 5 Dan Titik 6.

Jarak antara titik 5 dengan titik 6 adalah sejauh 300 m dan mempunyai perbedaan ketinggian sebesar 5 m. Besarnya andongan maksimum adalah

$$f_{\text{maks}} = \frac{s^2 \cdot r_{\text{tot}}}{8 \cdot F}$$

dimana :

$$r_{\text{tot}} = \sqrt{(m^2 + r_w^2)}$$

Pada lintasan ini besarnya tahanan angin adalah

$$\begin{aligned} r_w &= C \cdot p \cdot Q \\ &= 1 \cdot 0,106 \cdot 6 \\ &= 0,636 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} r_{\text{tot}} &= \sqrt{(m^2 + r_w^2)} \\ &= \sqrt{(2,459^2 + 0,636^2)} \\ &= 2,54 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Besarnya andongan maksimum adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 f_{\text{maks}} &= \frac{s^2 \cdot r_{\text{tot}}}{8 \cdot F} \\
 &= \frac{300^2 \cdot 2,54}{8 \cdot 47100} \\
 &= 0,61 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### 3.2.6. Lintasan Antara Titik 6 Dan Titik 7.

Jarak antara titik 6 dengan titik 7 adalah sejauh 300 m dan mempunyai perbedaan ketinggian sebesar 25 m. Besarnya andongan maksimum adalah

$$f_{\text{maks}} = \frac{s^2 \cdot r_{\text{tot}}}{8 \cdot F}$$

dimana :

$$r_{\text{tot}} = \sqrt{(m^2 + r_w^2)}$$

Pada lintasan ini besarnya tahanan angin adalah

$$\begin{aligned}
 r_w &= C \cdot p \cdot Q \\
 &= 1 \cdot 0,106 \cdot 6 \\
 &= 0,636 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$



Maka :

$$\begin{aligned}
 r_{\text{tot}} &= \sqrt{m^2 + r_w^2} \\
 &= \sqrt{2,459^2 + 0,636^2} \\
 &= 2,54 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Besarnya andongan maksimum adalah sebesar

$$\begin{aligned}
 f_{\text{maks}} &= \frac{s^2 \cdot r_{\text{tot}}}{8 \cdot F} \\
 &= \frac{300^2 \cdot 2,54}{8 \cdot 47100} \\
 &= 0,61 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### 3.2.7. Lintasan Antara Titik 7 Dan Titik 8.

Jarak antara titik 7 dengan titik 8 adalah sejauh 300 m dan mempunyai perbedaan ketinggian sebesar 40 m. Besarnya andongan maksimum adalah

$$f_{\text{maks}} = \frac{s^2 \cdot r_{\text{tot}}}{8 \cdot F}$$

dimana :

$$r_{\text{tot}} = \sqrt{m^2 + r_w^2}$$

Pada lintasan ini besarnya tahanan angin adalah

$$\begin{aligned} r_w &= C \cdot p \cdot Q \\ &= 1 \cdot 0,106 \cdot 6 \\ &= 0,636 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} r_{tot} &= \sqrt{m^2 + r_w^2} \\ &= \sqrt{2,459^2 + 0,636^2} \\ &= 2,54 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Besarnya andongan maksimum adalah sebesar

$$\begin{aligned} f_{maks} &= \frac{s^2 \cdot r_{tot}}{8 \cdot F} \\ &= \frac{300^2 \cdot 2,54}{8 \cdot 47100} \\ &= 0,61 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3.2.8. Lintasan Antara Titik 8 Dan Titik 9.

Jarak antara titik 8 dengan titik 9 adalah sejauh 300 m dan mempunyai perbedaan ketinggian kira-kira 70 m. Besarnya andongan maksimum adalah

$$f_{maks} = \frac{s^2 \cdot r_{tot}}{8 \cdot F}$$

dimana :

$$r_{tot} = \sqrt{m^2 + r_w^2}$$

Pada lintasan ini besarnya tahanan angin adalah

$$\begin{aligned} r_w &= C \cdot p \cdot Q \\ &= 1 \cdot 0,106 \cdot 6 \\ &= 0,636 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} r_{tot} &= \sqrt{m^2 + r_w^2} \\ &= \sqrt{2,459^2 + 0,636^2} \\ &= 2,54 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Besarnya andongan maksimum adalah sebesar

$$\begin{aligned} f_{maks} &= \frac{s^2 \cdot r_{tot}}{8 \cdot F} \\ &= \frac{300^2 \cdot 2,54}{8 \cdot 47100} \\ &= 0,61 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3.2.9. Lintasan Antara Titik 9 Dengan Titik 10 ( Kawah Bromo ).

Jarak antara titik 9 dengan Kawah Bromo adalah sejauh 300 m dan mempunyai perbedaan Ketinggian sebesar 82 m. Besarnya andongan maksimum adalah

$$f_{maks} = \frac{s^2 \cdot r_{tot}}{8 \cdot F}$$

dimana :

$$r_{tot} = \sqrt{m^2 + r_w^2}$$

Pada lintasan ini besarnya tahanan angin adalah

$$\begin{aligned} r_w &= C \cdot p \cdot Q \\ &= 1 \cdot 0,106 \cdot 6 \\ &= 0,636 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

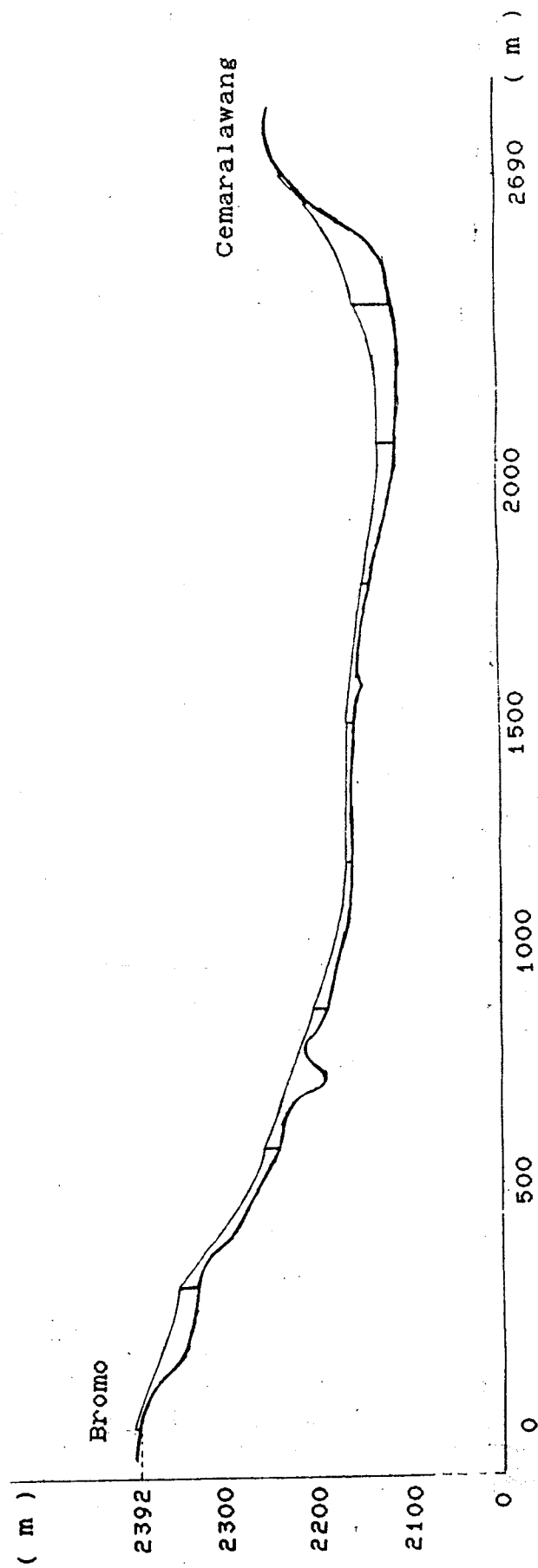
Maka :

$$\begin{aligned} r_{tot} &= \sqrt{m^2 + r_w^2} \\ &= \sqrt{2,459^2 + 0,636^2} \\ &= 2,54 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Besarnya andongan maksimum adalah sebesar

$$\begin{aligned} f_{maks} &= \frac{s^2 \cdot r_{tot}}{8 \cdot F} \\ &= \frac{300^2 \cdot 2,54}{8 \cdot 47100} \\ &= 0,61 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari perhitungan-perhitungan di atas, maka lintasan Kereta gantung ini dapat dilihat pada gambar 3.2.



GAMBAR 3.2  
LINTASAN KERETA GANTUNG.

### 3.3. KRITERIA PERENCANAAN.

Dalam studi ini diinginkan suatu sistem transportasi yang memakai beberapa buah kereta gantung dan tiap-tiap kereta gantung tersebut mampu memuat empat orang dewasa ditambah dengan sedikit beban. Adapun data dari kereta gantung ditentukan sebagai berikut :

- a. Jumlah kereta gantung : 20 buah
- b. Daya angkut tiap kereta gantung : 300 kg
- c. Berat tiap kereta gantung : 350 kg
- d. Jumlah tiang penyangga : 10 buah
- e. Tinggi lintasan rata-rata : 20 meter
- f. Jarak tempuh : 2690 meter
- g. Kecepatan kereta gantung : 5 km/jam
- h. Dimensi kereta gantung : 1m x 1,5m x 1,5m

Kereta gantung - Kereta gantung tersebut bergerak dengan cara menjepit kawat baja yang digerakkan oleh sebuah motor melalui roda gigi dan katrol-katrol. Apabila sebuah kereta gantung telah sampai di terminal, maka penjepitnya akan dibuka oleh sebuah alat mekanis. Kereta gantung tersebut akan berkurang kecepatannya dan akhirnya akan berhenti, sedangkan kawatnya tetap bergerak dengan kecepatan yang tetap.

Bila kereta gantung tersebut hendak dijalankan, maka mula-mula didorong terlebih dahulu. Kereta gantung akan meluncur karena adanya jalan yang menurun dan menjepit kawat baja yang sedang bergerak, sehingga kereta gantung dapat bergerak menuju ke terminal yang lainnya.

#### **3.4. KARAKTERISTIK BEBAN.**

Fungsi motor listrik dalam studi ini adalah sebagai penggerak dari kereta gantung. Hal ini berarti bahwa motor tersebut bertugas untuk melayani kehendak dan kebutuhan beban agar seluruh sistem dapat beroperasi sesuai dengan rencana.

Supaya berlangsung pelayanan yang sesuai, maka titik tolak perencanaan dari suatu penyediaan motor adalah berdasarkan pada sifat dan karakteristik dari beban motor tersebut. Bila motor yang disediakan ternyata tidak sesuai dengan karakteristik bebannya, maka tidak dicapai efektivitas dan efisiensi kerja dari seluruh sistem. Hal itu berarti suatu kegagalan operasi dari suatu perencanaan.

Dalam pemilihan motor penggerak, hal yang sangat perlu diperhatikan adalah karakteristik kecepatan vs

torsi. Karakteristik Kecepatan vs torsi motor listrik pada umumnya merupakan persamaan :

$$\omega = f ( T_L )$$

dan dapat didefinisikan sebagai hubungan antara Kecepatan dan torsi beban, dalam keadaan motor bekerja menanggung beban tersebut.

Pada umumnya Karakteristik Kecepatan vs torsi dapat disimpulkan dalam bentuk rumus empiris sebagai berikut :

$$T_L = T_o + ( T_{rn} - T_o ) \left[ \frac{\omega}{\omega_n} \right]^x$$

dimana :

$T_L$  = torsi beban yang digunakan dalam suatu unit mesin pada Kecepatan  $\omega$ , Nm.

$T_o$  = torsi beban yang digunakan untuk melawan gesekan dari bagian-bagian yang bergerak, Nm.

$T_{rn}$  = torsi beban yang digunakan dalam suatu unit mesin pada Kecepatan nominal  $\omega_n$ , Nm.

$x$  = Koefisien Karakteristik dari perubahan torsi beban dengan berubahnya Kecepatan.



Dari persamaan tersebut di atas, maka karakteristik-karakteristik Kecepatan vs Kopel dari sistem beban dapat diklasifikasikan sebagai berikut :<sup>13)</sup>

1. Harga torsi yang tidak tergantung pada kecepatan.

Untuk karakteristik ini  $x = 0$  dan torsi beban  $T_L$  tidak tergantung pada Kecepatan. Karakteristik ini banyak digunakan dalam pesawat crane pada waktu mengangkat, mesin derek, mesin pompa piston dan mesin-mesin pengangkat dengan beban konstan pada suatu kesatuan waktu.

2. Harga torsi yang naik secara linier apabila Kecepatan naik.

Pada karakteristik ini harga  $x = 1$  dan kopel beban akan bertambah sebanding dengan naiknya Kecepatan. Karakteristik semacam ini terdapat pada mesin DC yang bekerja sebagai Generator DC dengan penguatan terpisah yang dibebani dengan beban resistan dan konstan.

3. Harga torsi naik secara tidak linier ( parabolik ) pada saat Kecepatan naik.

Untuk karakteristik ini harga  $x = 2$  dan kopel beban  $T_L$  berbanding kwadrat dengan Kecepatan. Karakteristik ini

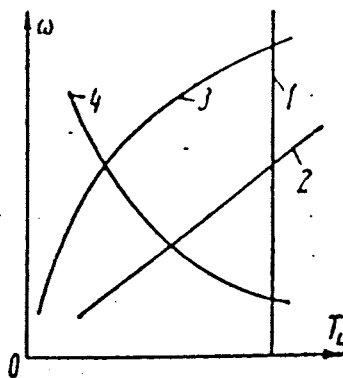
---

<sup>13)</sup> H. Chilikin, Electric Drive, Mir Publishers, Moscow, 1970, page 25.

biasanya disebut " fan type speed - torque characteristic " karena sifat semacam ini dimiliki oleh motor fan ( kipas ) atau exhauster. Karakteristik ini adapula pada centrifugal pump dan penggerak baling-baling kapal.

4. Harga torsi turun secara tidak linier pada saat kecepatan naik.

Pada karakteristik ini harga  $x = -1$  dan kopel beban  $T_L$  berbanding terbalik dengan kecepatan, dan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan unit mesin ini tidak berubah. Mesin yang mempunyai karakteristik semacam ini biasanya digunakan untuk menggerakkan mesin-mesin bubut, mesin bor, mesin giling, dan lain-lain.



GAMBAR 3. 3

KARAKTERISTIK BEBAN.

Dari klasifikasi karakteristik kecepatan vs Kopel sistem beban di atas, maka kereta gantung dapat diklasifikasikan ke dalam sistem beban dengan karakteristik harga torsi yang tidak tergantung pada kecepatan. Ini disebabkan karena berat kereta gantung tetap harganya tidak tergantung pada kesatuan waktu sehingga besarnya kopel yang diperlukan untuk menggerakkan kereta gantung ini tetap harganya setiap saat.

## BAB IV

### PERENCANAAN MOTOR PENGGERAK

---

#### 4.1. PEMILIHAN JENIS MOTOR.

Setelah mengetahui karakteristik dari kereta gantung dan karakteristik dari tiap-tiap jenis motor listrik, maka dapatlah dipilih jenis motor listrik yang sesuai untuk kereta gantung tersebut. Jenis motor yang cocok untuk menggerakkan kereta gantung adalah :

Motor Arus Searah, karena motor arus searah mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan motor arus bolak-balik, yaitu :<sup>[4]</sup>

1. Mempunyai perubahan kecepatan yang halus, baik untuk keadaan dipercepat maupun diperlambat.
2. Pengaturan kecepatannya lebih teliti.
3. Kecepatannya dapat diatur pada range yang lebar.

---

<sup>[4]</sup> Smeaton, op. cit, page 3-33.

Sedangkan jenis motor arus searah yang sesuai untuk menggerakkan kereta gantung adalah :

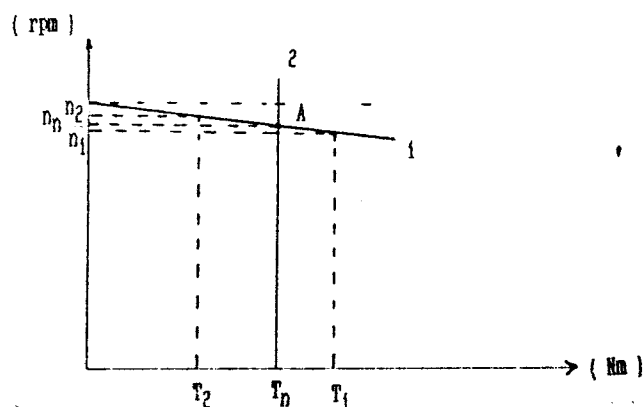
- a. Motor dc shunt maupun motor dc dengan penguatan terpisah karena mempunyai kecepatan yang relatif konstan pada keadaan beban yang berubah-ubah. Untuk beban yang besar, berkurangnya kecepatan sekitar 3 - 5 % dari kecepatan nominal. Sedangkan harga torsi mula yang tertinggi adalah 1,5 kali torsi nominalnya. Kemampuan bebannya lebih baik dibandingkan dengan motor-motor dc lainnya.
- b. Motor dc kompon karena mempunyai kecepatan yang hampir konstan. Harga torsi mulanya lebih besar daripada torsi mula motor dc shunt, tetapi lebih kecil dari motor dc seri. Kemampuan bebannya lebih baik daripada motor dc seri tetapi tidak sebaik motor dc shunt.

Dari karakteristik kereta gantung dan cara kerjanya, maka jenis motor yang paling sesuai untuk menggerakkan kereta gantung adalah motor arus searah shunt atau motor arus searah dengan penguatan terpisah.

Setelah jenis motor diketahui, maka perlu dilihat kestabilan titik kerja dari mesin tersebut.

Untuk mengetahui hal ini haruslah diketahui karakteristik torsi-putaran motor dan karakteristik torsi-putaran dari kereta gantung.

Dalam keadaan seimbang torsi motor sama dengan torsi beban. Apabila torsi motor tidak sama dengan torsi beban, maka akan terjadi percepatan atau perlambatan. Bila hal ini terjadi, dapatkah titik kerja kembali ke keadaan seimbang lagi.



GAMBAR 4.1

HUBUNGAN ANTARA KARAKTERISTIK MOTOR DC SHUNT DENGAN BEBAN.

Keterangan gambar :

1 = Karakteristik motor dc shunt.

2 = Karakteristik beban.

A = Titik kerja.

Misalkan motor dc shunt dengan karakteristik 1 digunakan untuk menggerakkan beban dengan karakteristik 2 dan diperoleh titik kerja A, yaitu pada kedudukan  $T_n$  dan  $n_n$ . Bila kecepatan motor diturunkan dari  $n_n$  ke  $n_1$ , maka torsi motor akan naik menjadi  $T_1$ , sedangkan torsi beban tetap harganya  $T_n$ . Hal ini berarti beban makin ringan dan akan menyebabkan harga  $n$  naik lagi sehingga kembali ke kedudukan  $n_n$ . Keadaan setimbang dicapai kembali.

Apabila kecepatan motor dinaikkan dari  $n_n$  ke  $n_2$ , maka torsi motor akan turun hingga  $T_2$  sedangkan torsi beban tetap harganya  $T_n$ . Hal ini berarti beban makin berat dan akan menyebabkan kecepatan motor turun (mengalami pengereman), hingga kecepatannya kembali dari  $n_2$  ke  $n_n$ . Keadaan setimbang dicapai kembali.

#### 4.2. Pemilihan Kapasitas Motor.

Untuk menentukan besarnya kapasitas dari motor penggerak kereta gantung, maka perlu dilakukan perhitungan-perhitungan sebagai berikut :

##### a. Menghitung besar percepatan :

Dari keadaan berhenti hingga mencapai kecepatan maksimalnya, ditentukan selama 20 detik. Jadi :

$$V_0 = 0 \text{ km/jam.}$$

$$V_t = 5 \text{ km/jam} = 1,389 \text{ m/detik.}$$

$$t = 20 \text{ detik.}$$

Dengan mempergunakan persamaan mekanika, didapat :

$$V_t = V_0 + a \cdot t$$

$$1,389 = 0 + a \cdot 20$$

$$a = \frac{1,389}{20} = 0,0695 \text{ m/detik}^2$$

b. Perkiraan pengoperasian Kereta gantung.

Kereta gantung ini dianggap beroperasi selama 8 jam per hari dari pukul 07.00 sampai pukul 15.00 WIB. Selama pengopersian tersebut, kereta gantung akan dibebani secara berubah-ubah. Perubahan pembebanan tersebut diperkirakan sebagai berikut :

- i. t1, pukul 07.00 - 08.00 : 12 kereta gantung terisi.
- ii. t2, pukul 08.00 - 09.00 : 16 kereta gantung terisi.
- iii. t3, pukul 09.00 - 10.00 : 20 kereta gantung terisi.
- iv. t4, pukul 10.00 - 11.00 : 20 kereta gantung terisi.
- v. t5, pukul 11.00 - 12.00 : 14 kereta gantung terisi.
- vi. t6, pukul 12.00 - 13.00 : 10 kereta gantung terisi.
- vii. t7, pukul 13.00 - 14.00 : 8 kereta gantung terisi.
- viii. t8, pukul 14.00 - 15.00 : 12 kereta gantung terisi.

Dalam perhitungan nanti tiap kereta gantung dianggap berbeban penuh, yaitu 300 kg.



c. Menghitung gaya-gaya yang bekerja.

Kawat baja yang dipergunakan untuk menarik kereta gantung mempunyai data sebagai berikut :

1. massa jenis,  $\rho = 7,83 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$
2. diameter ,  $d = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$
3. panjang ,  $p = 5407 \text{ m}$

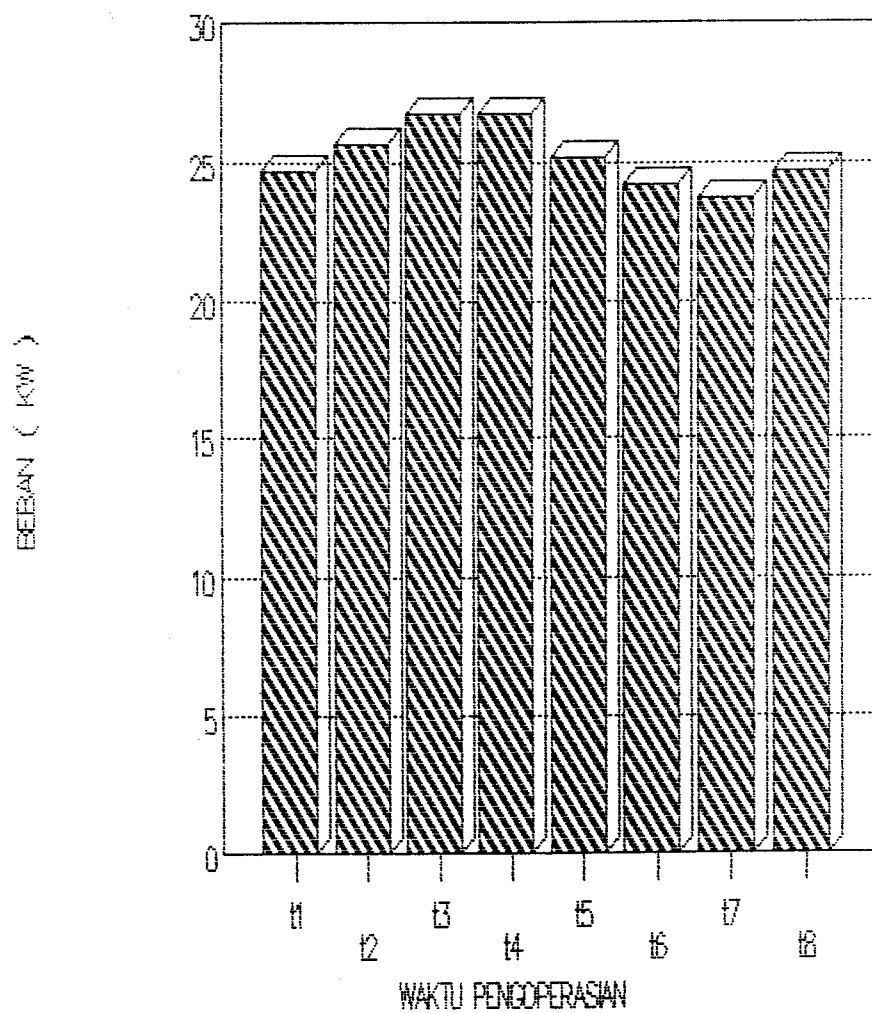
Dari data di atas, maka massa dari kawat baja dapat dihitung.

$$\begin{aligned}
 m_{\text{baja}} &= \rho \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot p \\
 &= 7,83 \cdot 10^3 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 0,02^2 \cdot 5407 \\
 &= 13.300,5 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Dengan menghitung gaya-gaya beban pada tiap keadaan waktu, maka besarnya daya yang diperlukan untuk menggerakkan beban dapat dilihat pada tabel 4.1 dan gambar 4.2. Perhitungan gaya-gaya beban dapat dilihat pada appendix B.

TABEL 4.1  
PERIODA PEMBEBANAN.

	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$	$t_7$	$t_8$
$F_{\text{tot}} \text{ (N)}$	10456,54	10880,98	11305,42	11305,42	10668,76	10244,32	10032,10	10456,54
$P \text{ (KW)}$	24,68	25,69	26,69	26,69	25,19	24,19	23,68	24,68



GAMBAR 4. 2  
PERIODA PEMBEBANAN.

Dari tabel perioda pembebanan di depan, dapatlah dilihat bahwa beban puncak terjadi pada waktu  $t_3$  dan  $t_4$ , yaitu pada pukul 09.00 - 11.00 WIB sebesar 26,69 KW.

Penggunaan motor pada daerah dengan ketinggian lebih dari 1000 m mempunyai karakteristik yang berbeda bila motor tersebut digunakan pada daerah dengan ketinggian di bawah 1000 m. Perbedaan tersebut terletak pada sistem pendinginannya.

Semakin tinggi suatu daerah, maka tekanan udaranya semakin kecil sehingga kerapatan udaranya semakin kecil juga.

Sistem pendinginan pada motor membutuhkan volume udara yang lebih banyak untuk daerah ketinggian yang lebih besar. Hal itu yang menyebabkan motor tidak boleh beroperasi pada kapasitas penuh pada daerah dengan ketinggian yang lebih dari 1000 m dari permukaan laut. Untuk daerah Gunung Bromo dengan ketinggian 2392 m dari permukaan laut, kapasitas motor yang diperbolehkan beroperasi adalah sebesar 94 % dari kapasitas penuh.

Dengan memperhatikan sistem pendinginan dan kapasitas daya motor yang terdapat di pasaran, maka motor listrik yang dipilih adalah motor listrik dengan kapasitas 40 HP.

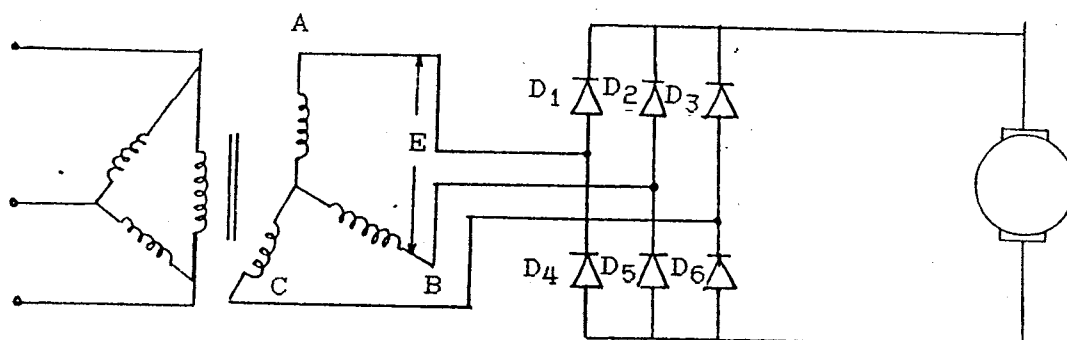
#### **4.3. SISTEM TENAGA LISTRIK.**

Pada saat sekarang ini jangkauan tenaga listrik dari PLN hanya sampai di kecamatan Sukapura, sedangkan di Cemaralawang masih belum tersedia. Oleh karenanya sistem tenaga listrik untuk kereta gantung pada studi ini direncanakan berasal dari generator arus bolak-balik tiga phasa. Ini dimaksudkan agar tersedia daya listrik yang cukup bagi kebutuhan motor penggerak kereta gantung.

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh generator masih berupa tegangan bolak-balik dan akan disearahkan oleh Penyearah Jembatan Gelombang Penuh Tiga Phasa sebelum diberikan kepada rangkaian pengatur kecepatan dari motor penggerak. Selain itu output dari generator juga dipakai untuk keperluan sendiri, misalnya untuk ruang pengoperasian, pengaturan dan peralatan tambahan.

##### **4.3.1. Penyearah Jembatan Gelombang Penuh Tiga Phasa.**

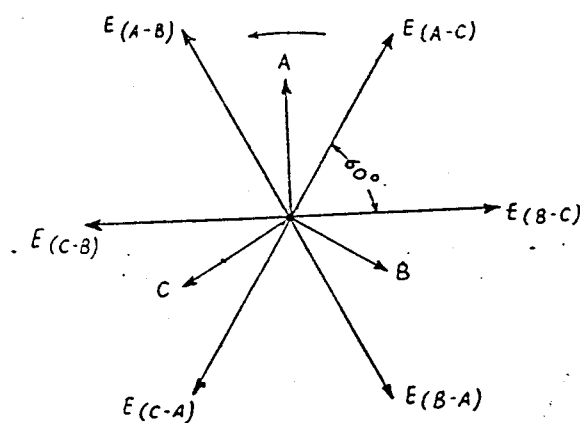
Rangkaian penyearah jembatan gelombang penuh tiga phasa ini terdiri dari enam buah dioda, seperti yang terlihat pada gambar 4-3. Rangkaian mendapatkan suplai tenaga listrik dari generator arus bolak-balik tiga phasa melalui sebuah transformator tiga phasa.



GAMBAR 4. 3

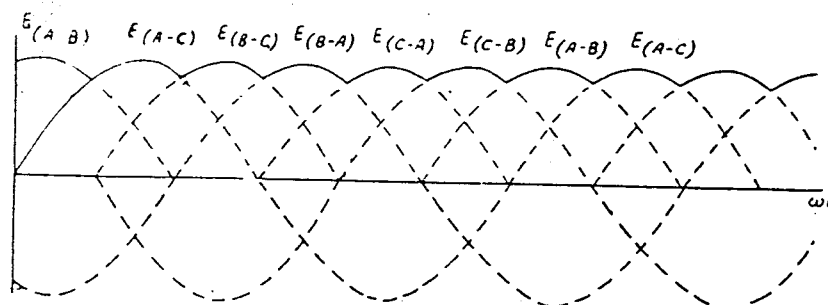
RANGKAIAN PENYEARAH JEMBATAN GELOMBANG PENUH TIGA PHASA.

Prinsip kerja dari rangkaian di atas dapat diterangkan dengan mempergunakan diagram vektor dan diagram gelombang seperti yang tampak pada gambar 4. 4 dan gambar 4. 5.



GAMBAR 4. 4

DIAGRAM VEKTOR UNTUK PENYEARAH JEMBATAN GELOMBANG PENUH TIGA PHASA.



GAMBAR 4. 5

BENTUK GELOMBANG TEGANGAN DARI PENYEARAH JEMBATAN GELOMBANG PENUH TIGA PHASA.

Phasa yang bekerja adalah phasa yang mempunyai harga yang paling besar. Konduksi dari phasa  $E_{(A-C)}$  berarti bahwa arus mulai mengalir dari phasa A dan kembali ke phasa C melalui dioda D1, beban dan dioda D6. Konduksi dari phasa  $E_{(A-B)}$  berarti bahwa arus mulai mengalir dari phasa A ke phasa B melalui dioda D1, beban dan dioda D5. Arus akan mengalir dari satu phasa ke phasa lain, misalnya dari phasa A ke phasa B atau phasa C. Hal ini tergantung dari phasa mana yang mempunyai harga negatif yang paling besar.

Pada saat start phasa  $E_{(A-B)}$  dianggap mempunyai harga yang paling besar. Phasa A akan konduksi dan arus

akan kembali ke fasa B. Setelah itu fasa  $E_{(A-C)}$  berganti menjadi yang paling besar sehingga fasa A akan tetap konduksi dan jalur kembali bagi arus berpindah dari fasa B ke fasa C. Kejadian ini akan berlangsung selama  $60^\circ$  sampai kedudukan fasa  $E_{(A-C)}$  digantikan oleh  $E_{(B-C)}$  yang mempunyai harga paling besar. Fasa  $E_{(B-C)}$  akan konduksi dari  $60^\circ$  sampai  $120^\circ$ . Setelah itu  $E_{(B-A)}$  akan menggantikan kedudukan  $E_{(B-C)}$  dan akan konduksi untuk  $60^\circ$  yang lain. Pada waktu fasa B konduksi, arus akan mengalir melalui D2, beban dan dioda D4 atau dioda D6 tergantung dari harga  $E_{(B-C)}$  atau  $E_{(B-A)}$ . Jadi seluruh fasa A, B dan C akan konduksi sebesar  $120^\circ$ .

Besarnya tegangan rata-rata dari beban adalah :

$$V_{dc} = \frac{6}{2\pi} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} \sqrt{2} E \sin \omega t \, d(\omega t)$$

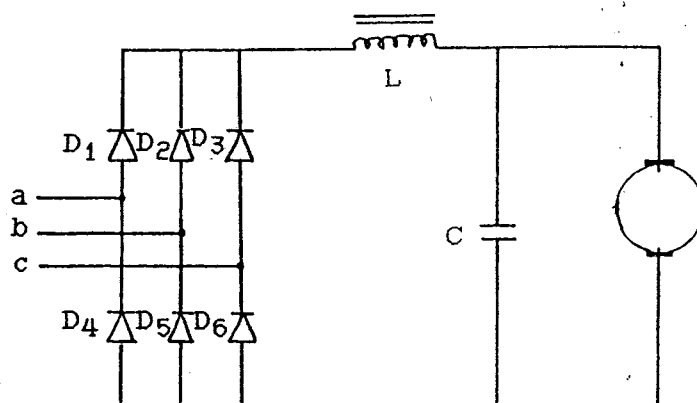
$$= \frac{3\sqrt{2}}{\pi} E = 1,35 E$$

dimana :

$E$  = tegangan antar fasa.

#### 4.3.2. Rangkaian Filter.

Sinyal tegangan output dari Penyearah Jembatan Gelombang Penuh Tiga Fasa belum merupakan sinyal tegangan dc murni tetapi masih terdapat komponen tegangan ac yang tidak diinginkan dan disebut dengan ripple, yaitu fluktuasi yang ditambahkan pada komponen dc. Untuk memperkecil faktor ripple ini, maka pada rangkaian penyearah tersebut diberi tambahan rangkaian filter agar outputnya dapat mendekati bentuk tegangan dc murni. Bentuk rangkaian dasar dari Penyearah Jembatan Gelombang Penuh Tiga Fasa dengan Filternya dapat dilihat pada gambar 4.6.



GAMBAR 4.6

RANGKAIAN DASAR PENYEARAH JEMBATAN GELOMBANG PENUH TIGA PHASA DENGAN FILTER.



Gelombang tegangan yang keluar dari penyearah mempunyai komponen dc dan komponen ac. Induktor  $L$  mengijinkan komponen dc melaluinya dengan mudah karena harga  $X_L$  adalah nol untuk dc atau arus konstan. Karena kapasitor  $C$  terbuka pada harga frekuensi nol, semua arus dc yang keluar dari induktor mengalir melalui beban motor.

Komponen ac yang keluar dari penyearah mempunyai frekuensi dengan suatu harga tertentu. Induktor akan menghalang-halangi komponen ac ini karena harga  $X_L$  akan menjadi besar. Selanjutnya setiap arus ac yang sanggup melalui induktor, lebih suka melewati kapasitor  $C$  daripada melalui beban karena harga  $X_C$  menjadi rendah. Dengan demikian arus yang mengalir melalui beban motor benar-benar mendekati bentuk dc murni.

Tegangan input untuk rangkaian filter dapat diperoleh dari Deret Fourier dari tegangan output penyearah. Untuk rangkaian penyearah gelombang penuh tiga fasa, tegangan outputnya adalah :

$$e_o = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} E - \frac{6\sqrt{2}}{35\pi} E \cos 6 \omega t$$

Karena itu input dari rangkaian filter adalah

$$e_i = \frac{6\sqrt{2}}{35\pi} E \cos 6 \omega t$$

Output dari rangkaian filter tingkat satu adalah

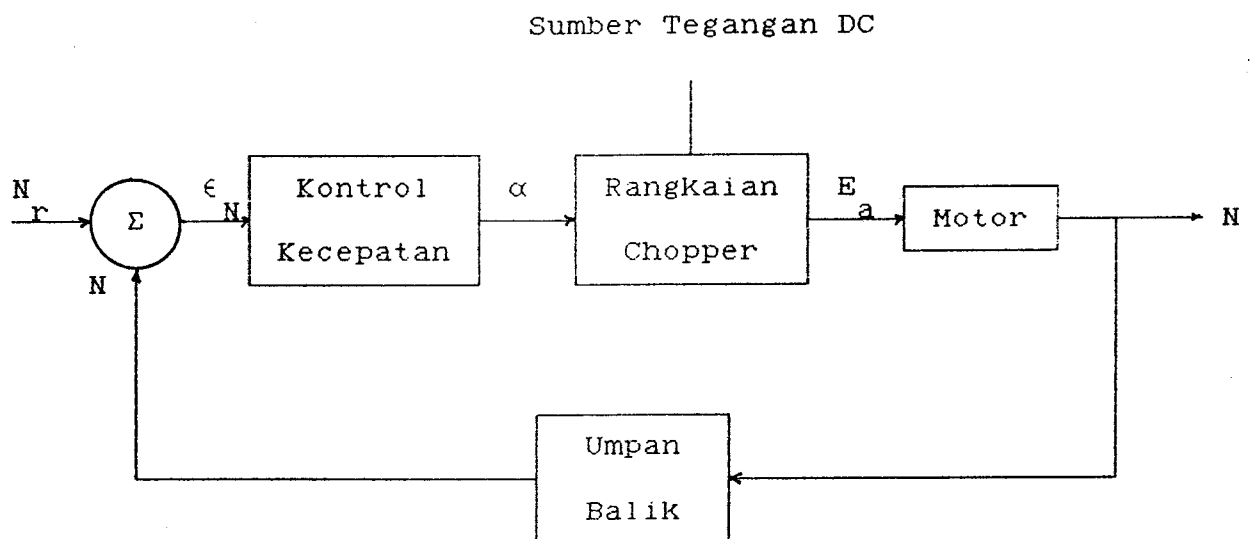
$$\begin{aligned}
 e_L &= \frac{1}{1 - \omega^2 LC} \cdot e_{\text{irms}} \\
 &= \frac{1}{1 - (6\omega)^2 LC} \cdot \frac{6}{35\pi} E \\
 e_L &= \frac{6E}{35\pi} \cdot \frac{1}{1 - 36\omega^2 LC}
 \end{aligned}$$

#### 4.4. Sistem Pengaturan Kecepatan.

Untuk menciptakan rasa kenyamanan dan keamanan bagi para penumpang, maka pada studi ini direncanakan kecepatan dari kereta gantung adalah tetap meskipun beban yang harus ditanggungnya berubah-ubah harganya. Dengan demikian tentu saja diperlukan rangkaian pengatur kecepatan agar kecepatan dari motor penggerak kereta gantung tetap harganya meskipun bebannya berubah-ubah.

Rangkaian pengatur kecepatan motor yang dipakai adalah rangkaian Chopper. Apabila sudut penyalan dari rangkaian Chopper dijaga konstan sedangkan torsi beban berubah harganya, maka kecepatan motor tersebut akan berubah. Bila dikehendaki pengoperasian pada kecepatan

yang tetap, maka sudut penyalan dari rangkaian chopper harus diubah. Hal ini dapat diselesaikan dengan mempergunakan sistem loop tertutup. Diagram blok dasar dari sistem pengaturan kecepatan motor ditunjukkan pada gambar 4. 7.



GAMBAR 4. 7.

#### DIAGRAM BLOK DASAR SISTEM PENGATURAN KECEPATAN.

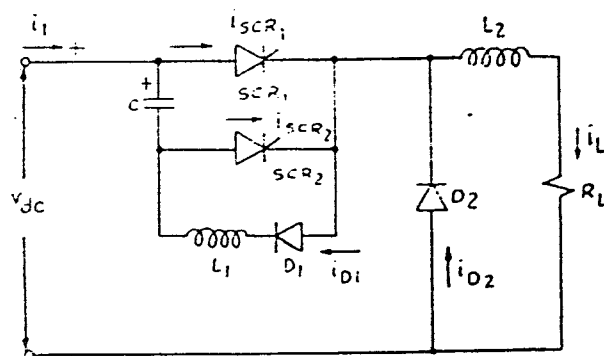
Kecepatan motor yang sesungguhnya dibandingkan dengan kecepatan referensi yang diinginkan dan perbedaan kecepatan tersebut akan menghasilkan sinyal error. Sinyal error tersebut digunakan untuk mengubah sudut penyalan dari rangkaian chopper. Apabila kecepatan motor berkurang sebagai akibat dari naiknya torsi beban, maka sinyal error akan bertambah besar. Hal ini akan mengakibatkan sudut

penyalaaan berubah untuk menambah tegangan jangkar motor. Kenaikan tegangan jangkar memperbesar torsi motor untuk mengembalikan kecepatan pada keadaan semula.

Bila kecepatan motor tersebut bertambah sebagai akibat dari turunnya torsi beban, maka sinyal error akan semakin kecil. Hal ini akan menyebabkan sudut penyalaaan berubah untuk mengurangi tegangan jangkar motor. Penurunan tegangan jangkar memperkecil torsi motor sehingga kecepatan akan kembali pada keadaan semula.

#### 4.4.1. Rangkaian Chopper.

Rangkaian Chopper yang dipakai untuk mengatur Kecepatan motor adalah Chopper dengan pemadaman memakai Kapasitor yang diparalel dengan thyristor utama ( Parallel Capasitor Turn-Off Chopper ). Rangkaian dasar dari chopper jenis ini dapat dilihat pada gambar 4.8.



GAMBAR 4.8 <sup>15)</sup>

#### RANGKAIAN DASAR PARALLEL CAPASITOR TURN-OFF CHOPPER.

<sup>15)</sup> P.C.Sen, Power Electronics, Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, page 858.

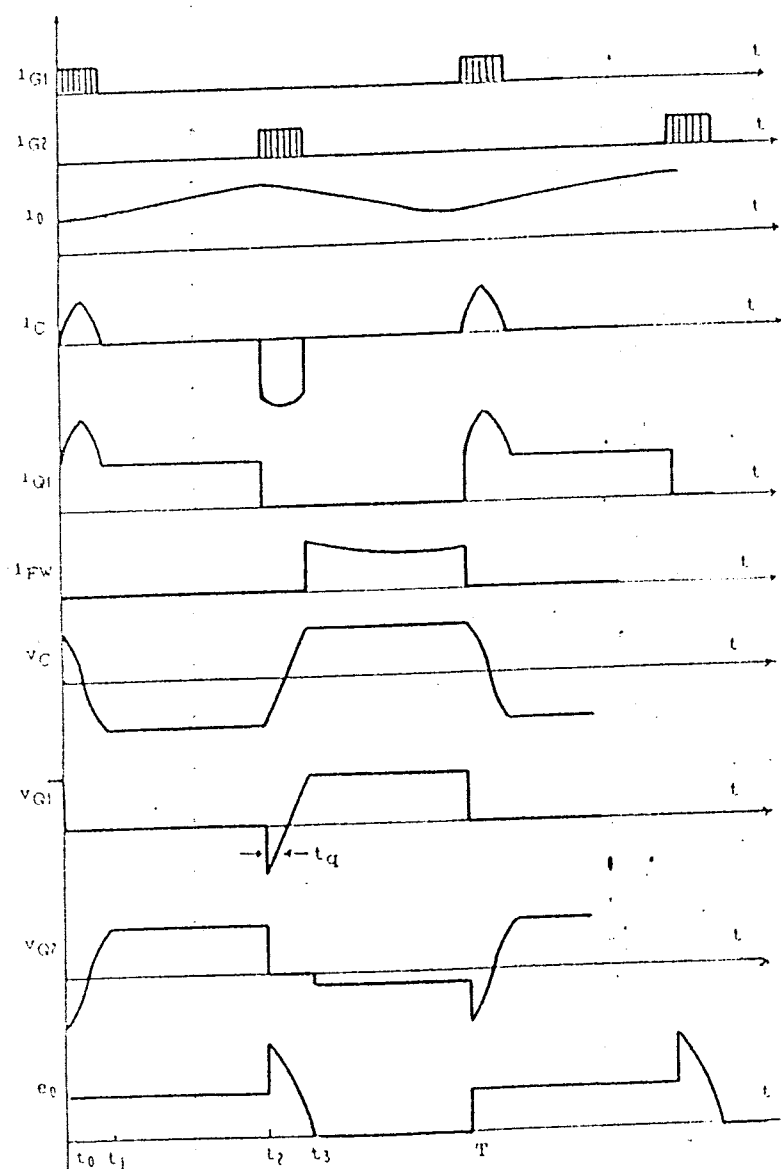
$SCR_1$  merupakan switch utama. Sedangkan kapasitor C bersama-sama dengan  $SCR_2$ ,  $D_1$ , dan  $L_1$  merupakan rangkaian pemadam dari  $SCR_1$ .

Mula-mula  $SCR_2$  dinyalakan, maka arus akan mengalir melalui kapasitor C,  $SCR_2$  dan motor sehingga kapasitor C akan diisi dengan polaritas positif pada anoda  $SCR_1$  dan polaritas negatif pada anoda  $SCR_2$ .

Setelah kapasitor C terisi penuh  $SCR_1$  dinyalakan, maka arus akan mengalir melalui  $SCR_1$ , motor dan juga melalui ringing circuit dari  $SCR_1$ , yaitu induktor L, dioda  $D_1$  dan kapasitor C sehingga kapasitor C akan diisi dengan polaritas terbalik (negatif).

Setelah kapasitor terisi penuh dengan polaritas terbalik, maka arus tetap mengalir ke motor melalui  $SCR_1$ . Sedangkan  $SCR_2$  siap-siap untuk dinyalakan.

Pada saat  $SCR_1$  akan dimatikan,  $SCR_2$  dinyalakan dan kapasitor C akan discharge. Arus discharge ini akan mengalir melalui kapasitor C,  $SCR_2$  dan motor sehingga arus yang melalui  $SCR_1$  dipaksa menjadi nol dan  $SCR_1$  akan padam. Demikian seterusnya sampai dicapai arus nominal pada kecepatan nominal. Hubungan antara bentuk gelombang tegangan dengan arus ditunjukkan pada gambar 4.9.



GAMBAR 4. 9

BENTUK GELOMBANG TEGANGAN DAN ARUS DARI RANGKAIAN CHOPPER.

dimana :

- a.  $i_{G1}$  : arus yang melalui gate satu.
- b.  $i_{G2}$  : arus yang melalui gate dua.
- c.  $i_o$  : arus beban.
- d.  $i_C$  : arus kapasitor.
- e.  $i_{Q1}$  : arus  $SCR_1$ .
- f.  $i_{FW}$  : arus yang mengalir melalui free wheeling diode
- g.  $v_C$  : tegangan kapasitor.
- h.  $v_{Q1}$  : tegangan  $SCR_1$ .
- i.  $v_{Q2}$  : tegangan  $SCR_2$ .
- j.  $e_o$  : tegangan beban.

Misalkan rangkaian chopper mencapai harga steady state dengan harga arus jangkar yang konstan. Semua komponen semikonduktor dianggap ideal dan tidak ada kerugian pada ringing circuit. Sebelum  $t_0$  chopper masih bekerja pada off periode, yaitu  $SCR_1$  dan  $SCR_2$  dalam keadaan open dan arus jangkar bersirkulasi melalui dioda  $D_{FW}$ . Selanjutnya proses diulang lagi untuk cycle berikutnya.

Bentuk gelombang tegangan dan arus dari rangkaian chopper dapat dibagi dalam beberapa bagian, yaitu :

- a.  $t_0$  :  $SCR_1$  dinyalakan untuk memulai periode baru.

Tegangan rangkaian jangkar segera naik menjadi  $V$ .

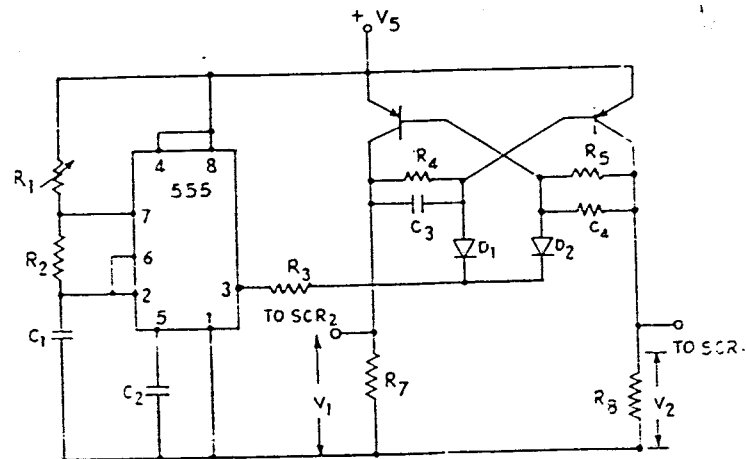
Pada saat  $t_1$  kapasitor C diisi melalui induktor L dan diode  $D_1$  dengan polaritas negatif.

- b.  $t_1$  : proses ringing berhenti pada titik  $t_1$  karena  $D_1$ . Dari keadaan ini arus dan tegangan rangkaian akan konstan sampai  $t_2$ .
- c.  $t_2$  :  $SCR_2$  dinyalakan, tegangan negatif akan melalui  $SCR_1$  dan  $SCR_1$  akan segera mati. Tetapi arus jangkar tidak dapat berubah dengan segera dan dialirkan melalui kapasitor C dan  $SCR_2$ . Tegangan jangkar dengan segera naik menjadi  $V + V_L$ . Karena arus jangkar konstan, maka tegangan pada kapasitor C naik.
- d.  $t_3$  : tegangan kapasitor C akan terus naik sampai mencapai tegangan positif sebesar V.
- e.  $t_q$  : adalah waktu turn off rangkaian, dimana selama waktu  $t_q$  tersebut tegangan kapasitor C naik dari -E menjadi nol.

#### 4.4.2. Rangkaian Kontrol.

Untuk mengontrol tegangan output dari rangkaian chopper, maka dipergunakan rangkaian trigger yang memakai IC 555 dan transistor flip-flop. Bentuk rangkaian tersebut dapat dilihat pada gambar 4.10.



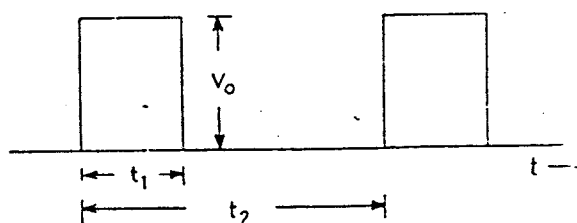


GAMBAR 4.10<sup>16)</sup>

#### RANGKAIAN KONTROL.

Rangkaian ini dipakai untuk mentrigger kedua thyristor dari rangkaian chopper secara bergantian. Apabila rangkaian ini sedang mentrigger SCR<sub>1</sub>, maka pulsa trigger untuk SCR<sub>2</sub> tidak akan timbul. Tetapi begitu SCR<sub>1</sub> dimatikan, maka akan muncul pulsa trigger untuk SCR<sub>2</sub>. Gelombang output dari rangkaian kontrol ini dapat dilihat pada gambar 4.11

<sup>16)</sup> Ibid, page 90.



GAMBAR 4.11

GELOMBANG OUTPUT DARI RANGKAIAN KONTROL.

Rangkaian di atas bekerja pada kondisi operasi astable dan lebar pulsa output adalah sebesar :

$$t_1 = 0,69 \cdot R_2 \cdot C_1$$

dan perioda total  $T$  dapat dikontrol oleh tahanan  $R_1$ , yaitu :

$$T = 0,69 \cdot (R_1 + 2 R_2) \cdot C_1$$

#### 4.5. PERHITUNGAN EKONOMI.

Perhitungan ekonomi dari kereta gantung ini diasumsikan dengan biaya energi/jam, yang diperoleh dari biaya investasi kereta gantung dan waktu pengoperasian selama life time kendaraan yang diperkirakan selama 6 tahun. Untuk setiap harinya dioperasikan selama 8 jam, maka untuk 6 tahun kendaraan tersebut akan beroperasi selama :

$$t = 6 \cdot 365 \cdot 8 \text{ jam} = 17.520 \text{ jam.}$$

Sebagai studi perbandingan dimisalkan dibuat 2 buah type kendaraan. Type 1 adalah kereta gantung dengan energi listrik dari generator. Sedangkan type 2 adalah kendaraan dasar yang sama, tetapi menggunakan energi listrik dari PLN.

##### 4.5.1. Kendaraan Type 1.

Dimisalkan generator set mengkonsumsi 10 liter solar tiap jam, maka tiap harinya memerlukan solar sebanyak 80 liter. Pemakaian solar selama 6 tahun adalah sebanyak :

$$6 \cdot 365 \cdot 80 \text{ liter} = 175.200 \text{ liter.}$$

Biaya investasi yang diperlukan untuk sistem transportasi kereta gantung ini diperkirakan sebagai berikut :

Kabin kereta gantung .....	Rp.	50.000.000,00	
( 20 x @ Rp. 2.500.000,00 )			
Pembuatan elektronik Chopper .....	Rp.	1.000.000,00	
Pembuatan elektronik Rectifier ...	Rp.	500.000,00	
Motor listrik .....	Rp.	14.000.000,00	
Pembuatan tiang penyangga .....	Rp.	45.000.000,00	
( 10 x @ Rp. 4.500.000,00 )			
Kawat baja .....	Rp.	45.959.500,00	
( 5407 x @ Rp. 8.500,00 )			
Generator set ( 50 KVA ) .....	Rp.	4.000.000,00	
Biaya solar untuk 6 tahun, .....	Rp.	42.924.000,00	
( 175.200 x @ Rp. 245,00 )			
Biaya Kenaikan bahan bakar minyak diperkirakan 10% tiap tahun. Untuk 6 tahun .....	Rp.	4.292.400,00	

---

Total biaya = Rp. 207.675.900,00

Ongkos perawatan 15 % x total biaya = Rp. 31.151.385,00

---

Total investasi = Rp. 238.827.285,00

Perhitungan biaya energi/jam adalah :

$$\frac{\text{Rp. 238.827.285,00}}{17.520 \text{ jam}} = \text{Rp. 13.631,69 / jam.}$$

#### 4. 5. 2. Kendaraan Type 2.

Untuk setiap harinya energi listrik yang dipergunakan adalah sebesar :

$$\begin{aligned}
 E_B &= 17,42 + 18,13 + 18,49 + 18,49 + 17,78 + 17,08 \\
 &\quad + 16,72 + 17,42 \\
 &= 141,53 \text{ KWH.}
 \end{aligned}$$

Selama 6 tahun energi listrik yang diperlukan adalah sebesar :

$$6 \times 365 \times 141,53 \text{ KWH} = 309,95 \text{ MWH.}$$

Sehingga biaya investasi selama 6 tahun adalah sebesar :

Kabin Kereta gantung	.....	Rp.	50.000.000,00
( 20 x @ Rp. 2.500.000,00 )			
Pembuatan elektronik Chopper	.....	Rp.	1.000.000,00
Pembuatan elektronik Rectifier	...	Rp.	500.000,00
Motor listrik	.....	Rp.	14.000.000,00
Pembuatan tiang penyangga	.....	Rp.	45.000.000,00
( 10 x @ Rp. 4.500.000,00 )			
Kawat baja	.....	Rp.	45.959.500,00
( 5407 x @ Rp. 8.500,00 )			
Tarip listrik	.....	Rp.	26.965.650,00
( 309,95 x 1000 x Rp. 87,00 )			
Biaya kenaikan listrik diperkirakan			
5 % /tahun. Untuk 6 tahun	.....	Rp.	1.348.282,50

---

Total biaya = Rp. 184.773.432,50

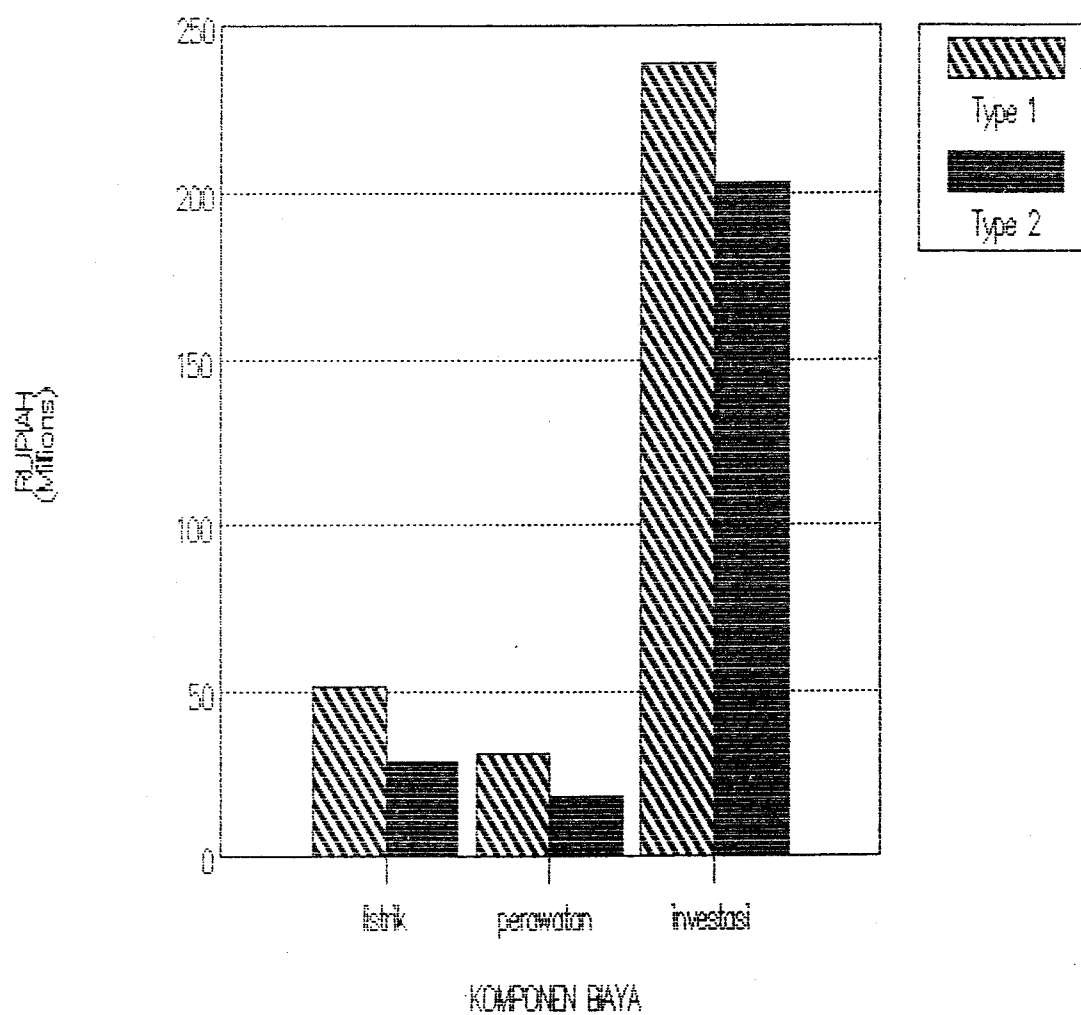
Total biaya = Rp. 184.773.432,50  
Ongkos perawatan 10 % x total biaya = Rp. 18.477.343,25

\_\_\_\_\_ +  
Total investasi = Rp. 203.250.775,75

Perhitungan biaya energi/jam adalah :

$$\frac{\text{Rp. 203.250.775,75}}{17.520 \text{ jam}} = \text{Rp. 11.601,07 / jam.}$$

Dari perhitungan ekonomi di atas, maka kedua type kendaraan tersebut dapat diperbandingkan. Perbandingan kedua type kendaraan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.12.



GAMBAR 4.12  
PERBANDINGAN KEDUA TYPE KENDARAAN.

## BAB V

### PENUTUP

---

#### 5.1. KESIMPULAN.

Dari hasil studi ini dapat diperoleh kesimpulan-kesimpulan untuk studi yang lebih lanjut, yaitu :

- a. Kabin kereta gantung harus dibuat seringan mungkin, terbuat dari bahan fiber glass, dan mampu untuk mengangkut 4 orang penumpang. Berat tiap kabin yang direncanakan adalah 350 kg dan mampu untuk mengangkut beban seberat 300 kg.
- b. Motor penggerak yang digunakan adalah motor arus searah shunt 40 HP, 500 Volt. Dengan motor ini diharapkan kecepatan kereta gantung dapat mencapai 5 km/jam.
- c. Pengaturan Kecepatan motor penggerak dilakukan dengan menggunakan rangkaian Chopper. Diharapkan kereta gantung akan bergerak dengan kecepatan yang tetap, meskipun bebannya berubah-ubah.
- d. Dari perhitungan ekonomi terlihat bahwa ongkos pemakaian kereta gantung, energi / jam, yang



menggunakan energi listrik dari generator set masih lebih mahal jika dibandingkan dengan kereta gantung yang menggunakan energi listrik dari PLN, untuk kendaraan dan waktu pengopersian yang sama. Hal ini disebabkan biaya investasi, biaya pengoperasian dan biaya perawatan dari generator set yang masih mahal.

## 5.2. SARAN-SARAN.

- a. Kemampuan transportasi kereta gantung ini masih dapat ditingkatkan dengan mengadakan pengujian-pengujian dengan motor yang lebih baik, mengurangi berat kabin kereta gantung dan menentukan transmisi yang lebih baik.
- b. Perlu adanya pembuatan sistem transportasi dengan menggunakan kereta gantung untuk mendapatkan hasil-hasil pengujian yang lebih akurat.
- c. Untuk kelanjutan studi perlu dianalisa faktor kestabilan kendaraan secara matematis untuk menentukan letak titik berat dan dimensi kabin yang dapat meningkatkan performance kendaraan.
- d. Perencanaan dilihat dari sudut teknik sipil, arsitektur, dampak sosial, ekonomi dan lingkungan perlu dikaji lebih lanjut.

## DAFTAR PUSTAKA

---

1. Chilikin, M, **Electric Drive**, MIR. Publishers, Moscow, 1970.
2. Dewan, SB. , GR. Slemon, A. Straughen, **Power Semiconductor Drives**, John Wiley and Sons Inc., Canada, 1984.
3. Fink, DJ, JM. Carrol, **Standard Handbook For Electrical Engineers**, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 10th Edition, 1968.
4. Halliday, Resnick, **Physics**, John Wiley and Sons Inc., 3rd Edition, 1978.
5. Lyon, Edgerton , **Motor Design** , Electrical Motor Reference Issue, April 1974.
6. Muslimin M, **Teori Soal Penyelesaian Teknik Tenaga Listrik**, Armico Bandung, 1979.
7. Rudenko, N, **Materials Handling Equipment**, 2nd Edition.
8. Sears, F. W, MW. Zemansky, HD. Young, **University Physics**, Addison Wesley Publishing Company, 6th Edition, 1982.
9. Sen, PC. , **Power Electronic**, Tata Mc Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi.
10. Smeaton, Robert W. , **Motor Application and Maintenance Handbook**, Mc Graw-Hill Book Company, New York, 1968.

11. Theraja, B. L, **Textbook of Electrical Technology**, Nirja Construction and Development Co. Ltd, New Delhi, 1980.
12. Zuhail, **Dasar Tenaga Listrik**, ITB, Bandung, 1977.

# **APPENDIKS A** **KARAKTERISTIK DARI MACAM-MACAM BEBAN.**

Load description	Load torques, % full-load drive torques			Inertia ratio (see notes)	Ambient	Environment	Mounting	How driven?	Adjustable speed range, max	Remarks
	Break-away	Accelerating	Peak running							
Actuators:										
Screw-down (rolling mills)	200	180	125	1	A	D	R	L	2:1	Could be intermittently operated
Positioning	180	110	100	1	3C	S	RV	L	6:1 S	See text
Agitators:										
Liquid	100	100	100	2	AW	FJ	RV	B	3:1	Can be direct-connected
Slurry	180	100	100	2	AW	CDJ	RV	B		Settling of solids when idle may cause difficult restarting
Barrels, tumbling (foundry)	80	180	100	3	A	DJ	R	B	4:1	Reversing required
Bars, boring, rotary kiln	75	125	100	4	A	DJ	R	B		
Beaters:										
Standard	110	120	100	4	AW	DJ	R	B		
Breakers	110	120	120	4	AW	S	R	B		
Blowers, centrifugal:										
Valve closed	30	50	40	60	3	S	R	BLT	3:1	Some applications would require constant speed
Valve open	40	110	100	60	3	S	R	BLT	3:1	Same as above
Blowers, positive-displacement, rotary, bypassed	40	40	100	2	AW	DJ	R	L		
Breakers, flake, starting loaded	160	110	100	2	A	DEJ	R	B		
Calenders, textile or paper	75	110	100	3	AW	J	R	L		
Card machines, textile	100	110	100	2	A	E	R	L		
Centrifuges (extractors)	40	60	125	50	AW	DJ	R	L		Starting unloaded*
Chippers, wood, starting empty	50	40	200	100 max	AW	D	R	T		
Compressors, solids	100	110	125	1	A	DEJ	R	L	2:1	Constant speed may be used
Compressors, axial-vane, loaded	40	100	100	8	AW	DJ	R	L		
Compressors, reciprocating, start unloaded	40	50	100	10	A	DJ	R	BL		
Coverters, copper, loaded	150	150	125	8	AH	D	R	L	4:1 S	See text
Conveyors, belt (loaded)	110	130	100	4	A	CDJ	R	B		Inertia depends on load (see text)
Conveyors, drag (or apron)	100	150	100	2	AH	D	R	B		Starting loaded. Inertia depends on load (see text)
Conveyors, screw (loaded)	150	100	100	1	AH	CDEJ	R	B		
Conveyors, shaker-type (vibrating)	50	150	75	6	AH	DJ	I	B		See text
Coolers, hot solids, rotary (loaded)	175	140	100	2	AH	DJ	R	L		
Coolers, grate, reciprocating (loaded)	50	125	75	1	A	DJ	R	B	3:1	
Coolers, grate, oscillating (loaded)	50	100	40	1	A	DJ	R	B	1.5:1	
Coolers, grate, traveling (stoker-type)	100	110	100	1	AH	D	R	L	6:1	Starting loaded—torque-limiting drive is desirable
Cranes, traveling:										
Bridge motion	100	300	100	4	AH	CDJ	R	L	10:1	Drives must be suited to duty cycle and service. Hoisting inertia depends on load
Trolley motion	100	200	100	4	AH	CDJ	R	L	10:1	
Hoist motion	50	200	100		AH	CDJ	R	L	10:1	
Crushers, gyratory:										
Starting unloaded	50	60	300	2	AC	DJ	R	B		Large crushers are usually direct-connected
Choke-fed	100	200	300	2	AC	DJ	R	B		Reverse jogging may be necessary to start
With feeder	100	150	150	2	AC	DJ	R	B		
Crushers, jaw:										
Starting unloaded	50	100	200	10	AC	DJ	R	B		Usually started unloaded*
Choke-fed			200	10	AC	DJ	R	B		
Crushers, pulverizing (hammer-mill)	50	100	150	25	A	CDJ	R	L		Usually started unloaded*
Crushers, roll:										
Starting unloaded	50	50	150	10	A	DJ	R	B		
Choke-fed, loaded	200	200	150	10	A	DJ	R	B		
Cutter bars, balling drum	50	150	150	25	A	DJ	R	L	2:1	See text
Cutter heads, dredge	50	125	150	2	W		R	L	S	See text*
Dampers, fan, centrifugal, cold	200	200	100	1	AC	CDEJ	RV	L	S	See text*
Dampers, fan, centrifugal, hot	400	300	100	1	AH	CDJ	RV	L	S	See text*
Drawbridges	100	125	100	10	AW		R	L		Drive coordination required*
Draw presses (flywheel)	50	50	200	10	A	D	R	B		High inertia*
Drill presses	25	50	150	2	A	D	R	B		

Lanjutan Tabel Karakteristik Dari Macam-macam Beban.

Load description	Load torques, % full-load drive torques			Inertia ratio (see notes)	Ambient	Environment	Mounting	How driven?	Adjustable speed range, max	Remarks
	Break-away	Accelerating	Peak running							
Drums, bulling (orn)	50	125	100	4	A	D	R	B	2:1	See text
Dryers, rotary (rock or ore)	50	150	100	4	AH	D	R	B		
Dryers, grain	50	100	90	2	AH	DJ	R	L		
Edgers (starting unloaded)	40	30	200	10	A	DE	R	B		High inertia*
Elevators, bucket (starting loaded)	150	175	150	2	AHC	CDJ	R	L		Antirollback required
Elevators, freight (loaded)	100	125	100	4	ACW	DFJ	R	L	S	
Elevators, man lift	50	125	100	1	AH	S	R	L		
Elevators, personnel (loaded)	110	150	100	4	AHC	S	R	L	10:1	Speed range required during acceleration and deceleration
Escalators, stairways (starting unloaded)	50	75	100	2	A		R	L		
Extractors (press type)	50	150	150	1	3	S	RV	L		
Extruders (rubber or plastic)	100	150	100	1	3	S	R	L		
Fans, centrifugal, ambient:										
Valve closed	25	60	50	25	ACW	S	R	BT	2:1	*
Valve open	25	110	100	25	ACW	S	R	BT	2:1	*
Fans, centrifugal, hot gases:										
Valve closed	25	60	100	60	AH	DJ	R	R	3:1	*
Valve open	25	200	175	60	AH	DJ	R	B	3:1	Peak running overload torque occurs when handling colder gases
Fans, propeller, axial-flow	40	110	100	25	AH	DJ	R	BT		High inertia*
Feeders, belt (loaded)	100	120	100	2	3	S	R	B	10:1 S	
Feeders, distributing, oscillating drive	100	150	100	4	AW	CDJ	R	B	6:1 S	Starting loaded
Feeders, screw, compacting rolls	100	100	100	1	AW	CDEJ	RV	L	S	Starting loaded, torque limited
Feeders, screw, filter-cake	100	100	100	1	3	DJ	R	B	3:1 S	Starting loaded
Feeders, screw, dry	150	100	100	1	AH	CDEJ	R	B	3:1 S	Starting loaded
Feeders, slurry, ferris-wheel	110	100	75	2	AW	DJ	R	B	3:1 S	Starting loaded
Feeders, table	125	110	100	2	A	DJ	R	L	6:1 S	Starting loaded
Feeders, vane-type	150	80	75	1	AW	CDEJ	R	L	6:1 S	Starting loaded
Feeders, vibrating, magnetic	100	100	100		AH	CDEJ	R	L	3:1 S	Starting loaded. No rotating member
Feeders, vibrating, motor-driven	50	150	100	4	AH	CDEJ	RV	L	3:1 S	Starting loaded
Forge presses	25	50	150	10	AH	D	R	B		High inertia*
Frames, spinning, textile	50	125	100	2	A	E	R	B		
Furnaces, holding, copper	150	125	100	4	AH	D	R	L	4:1 S	Overhauling load
Gates, diverting, solids	200	125	100	1	3	CDJ	R	L	S	
Gates, locks, hydraulic	25	200	200	2	W		R	L	S	*
Generators, electric, flywheel-type	50	100	400	100	A		R	L		High inertia*
Generators, electric, general use	25	30	150	8	AH	D	R	L		
Generators, electroplating	25	30	100	3	AW	F	R	L		
Generators, welding	30	50	200	3	AHC	D	RV	L		Peak torque required when arc is struck
Grates, indurating (preheater)	100	110	200	3	AHC	DJ	R	L	4:1 S	
Grates, stoker (furnace)	75	110	100	1	AH	D	R	L	2:1 S	
Grinders, metal	25	50	100	2	A	D	RV	LB		Starting unloaded
Grinders, pulp or meat	40	50	150	2	AW	F	R	L		Starting unloaded
Grinders, pulp-magazine type	50	50	150	5	AW	CJ	R	L		Starting unloaded
Grinders, pulp, pocket type	40	30	150	5	AW	CJ	R	L		Starting unloaded
Hammers, power, flywheel	50	50	150	10	A	D	R	B		High inertia*
Hoists, skip	100	150	100	10	A	D	R	L	6:1	*
Hydropulpers	125	125	150	1	W		R	L		
Indexers	150	200	150	2	A	D	R	L		*
Ironers, laundry (mangles)	50	50	125	1	3		R	L	S	*
Jointers, woodworking	50	125	125	1	A	E	R	L		*
Jordans, plug out	50	50	150	9	AW		R	L		
Kilns, rotary (loaded)	200	125	125	4	AH	DJ	R	B or L	6:1 S	See text
Log washers, rock or ore (loaded)	75	125	150	1	AW	J	R	B		*
Looms, textile, without clutch	125	125	150	2	A	E	R	L		
Machines, boring (loaded)	150	150	100	2	A	D	R	L	6:1	Constant-hp drives may be required
Machines, bottling	50	50	100	2	AW		R	B		

Lanjutan Tabel Karakteristik Dari Macam-macam Beban.

Load description	Load torques, % full-load drive torques			Inertia ratio (see notes)	Ambient	Environment	Mounting	How driven?	Adjustable speed range, max	Remarks
	Break-away	Accelerating	Peak running							
Machines, briquetting	100	125	150	2	A	CDEJ	R	L		Frequent starting and plugging required
Machines, buffing, automatic	50	75	100	2	A	DJ	R	L		
Machines, binder-block, vibrating	50	150	70	4	AW	DJ	L	B		
Machines, keyseating	25	50	100	2	A	D	R	B		
Machines, kneading	50	150	175	1	AW	J	R	L		
Machines, polishing	50	75	100	2	A	DJ	R	L		
Mills, attrition (starting unloaded)	100	60	120	10	AW	CDEJ	R	L		High inertia*
Mills, autogenous, grinding (prelubricated)	90	140	100	10	A	DJ	R	L		See text, high inertia
Mills, ball, grinding (prelubed bearings)	90	130	100	6	AW	CDJ	R	L		See text, high inertia
Mills, ball, grinding (dry bearings)	140	130	100	6	AW	CDJ	R	L or B		See text, high inertia
Mills, B & W, coal (loaded)	150	110	100	3	A	CDE	R	L		Grinding mill and exhauster coupled together
Mills, bowl, Raymond, coal (loaded)	130	120	100	5	A	CDE	R	L		
Mills, Bradley-Hercules (loaded)	150	110	100	3	A	CDEJ	R	L		High inertia*
Mills, flour, grinding	50	75	100	6	A	E	R	B		
Mills, pan	125	125	150	4	A	D	R	B		
Mills, rod or tube, grinding (prelubed bearings)	90	120	100	6	AW	CDJ	R	L		See text
Mills, rod or tube, grinding (dry bearings)	140	130	100	6	A	CDJ	R	B		
Mills, rolling metal: Bullet, skelp and sheet, bar	50	30	200	1	A	D	R	L	1.5:1	Accurate speed control required
Brass and copper finishing	120	100	200	1	A	D	R	L	1.5:1	See text
Brass and copper roughing	40	30	200	1	A	D	R	L	1.5:1	See text
Merchant mill trains	50	30	200	1	A	D	R	L	1.5:1	See text
Plate	40	30	250	1	A	D	R	L	1.5:1	See text
Reels, wire or strip	100	100	100	2	A	D	R	L	20:1	See text, Torque controlled
Rod	90	50	200	1	A	D	R	L	1.5:1	See text
Sheet and tin (cold rolling)	150	110	200	1	A	D	R	L	1.5:1	See text
Strip, hot	40	30	200	1	A	D	R	L	1.5:1	See text
Structural and rail finishing	40	30	200	1	A	D	R	L	1.5:1	See text
Structural and rail roughing	40	30	250	1	A	D	R	L	1.5:1	See text
Tube	50	30	200	1	A	D	R	L	1.5:1	See text
Tube piercing and expanding	50	30	250	1	A	D	R	L	1.5:1	See text
Tube reeling	50	30	200	1	A	D	R	L	1.5:1	See text
Mills, rubber	100	100	200	1	A	CE	R	L	10:1	See text
Mills, saw, band	50	75	200	100	A	D	R	B		High inertia*
Mills, stamp	50	75	150	10	A	D	R	R		High inertia*
Mills, wash	25	30	100	1	A		R	L		
Mixers, banbury	125	100	250	1	A	CE	R	L		
Mixers, concrete	40	50	100	2	AW	D	R	L		
Mixers, dough	100	125	100	1	AW	E	RV	L		
Mixers, liquid	100	100	100	2	AW	EFJ	RV	B or L		
Mixers, sand, centrifugal	50	100	100	4	A	D	R	B		
Mixers, sand, screw	100	100	100	1	A	D	R	B		
Mixers, slurry	100	125	100	1	A	DJ	RV	B		
Mixers, solids (mullers)	100	125	175	1	A	CDJ	RV	BT		
Pans, pelletizing, ore	50	100	100	6	A	DJ	RV	B	2:1	Plugging and reversing service required
Planers, metalworking	50	150	150	4	A	D	R	L	4:1	
Planers, woodworking	50	125	150	10	A	D	R	B		High inertia*
Plasticators	125	100	250	1	A	S	R	L		
Tows, conveyor, belt (ore)	150	150	200	1	A	DJ	RV	L		See text
Positioners, indexing (machine tool)	50	200	100	4	A	D	RV	L		See text
Presses, brick	100	175	150	4	A	DJ	R	B		
Presses, drill, production, automatic	50	60	125	1	A	D	RV	BL		Frequent starts with plugging
Presses, pellet (flywheel)	50	75	150	10	A	D	R	B		High inertia*
Presses, printing, production-type	100	150	150	4	A		R	L	20:1	
Presses, punch (flywheel)	50	75	100	10	A	D	R	B		See text, high inertia*

Lanjutan Tabel Karakteristik Dari Macam-macam Beban.

Load description	Load torques, % full-load drive torques			Inertia ratio (see notes)	Ambient	Environment	Mounting	How driven?	Adjustable speed range, max	Remarks
	Break-away	Accelerating	Peak running							
Presses, punch (no flywheel)...	10	40	150	1	A	D	R	B	.....	See text, high inertia*
Pug mill (solids mixing).....	150	125	100	1	A	CDJ	RV	T	.....	Solids may "set up" on emergency shutdown
Puller, car.....	150	110	100	25	A	D	R	L	.....	Inertia depends on number of cars
Pumps, adjustable-blade, vertical.....	50	40	125	1	AW	.....	RV	T	.....	Unloaded start
Pumps, centrifugal, discharge open.....	40	100	100	1	AW	FJ	RV	T	.....	Loaded start
Pumps, oil-field, flywheel.....	50	200	200	10	AC	D	R	B	.....	*
Pumps, oil, lubricating.....	40	150	150	1	AC	D	R	L	.....	Cold oil can cause drive overloads
Pumps, oil, fuel.....	40	150	150	1	AC	D	R	L	.....	Peak torque caused by more viscous oils
Pumps, propeller.....	40	100	100	1	AW	F	RV	LT	.....	Handling nonviscous fluids
Pumps, reciprocating, positive-displacement.....	40	30	150	1	AW	.....	R	B	.....	Starting dry, handling nonviscous fluids
Pumps, reciprocating, positive-displacement.....	40	30	20	1	AW	.....	R	B	.....	Bypassed, handling nonviscous fluids
Pumps, reciprocating, positive-displacement.....	100	100	150	4	AW	.....	R	B	.....	3 cylinder, not bypassed, handling a nonviscous fluid
Pumps, screw-type, started dry.....	40	30	100	1	AW	F	R	L	.....	Handling nonviscous fluids
Pumps, screw-type, primed, discharge open.....	40	100	100	1	AW	F	R	L	.....	Handling nonviscous fluids
Pumps, slurry-handling, discharge open.....	100	100	100	1	AW	D	R	B	.....	
Pumps, turbines, centrifugal, deep-well.....	50	100	100	2	AW	.....	RV	L	.....	
Pumps, vacuum (paper-mill service).....	50	100	150	4	AW	.....	R	L	.....	
Pumps, vacuum (other applications).....	40	50	100	4	A	.....	R	L	.....	
Pumps, vacuum, reciprocating.....	40	50	150	10	A	.....	R	B	.....	Starting unloaded*
Pumps, vane-type, positive-displacement.....	100	150	150	1	A	DJ	R	L	.....	Viscous fluids may overload drive
Rolls, bending.....	150	150	100	2	A	D	R	L	.....	
Rolls, compacting (loaded).....	100	110	125	1	A	DJ	R	L	.....	
Rolls, crushing (sugarcane).....	50	110	125	2	AW	J	R	L	.....	
Rolls, faking.....	30	50	100	2	A	E	R	B	.....	
Sanders, woodworking, disk or belt.....	30	50	100	1	A	D	R	L or B	.....	
Saws, band, metalworking.....	30	50	100	4	A	D	R	B	.....	
Saws, circular, metal, cutoff.....	25	50	150	6	A	D	R	L	.....	
Saws, circular, wood, production.....	50	30	150	10	A	E	R	B	.....	High inertia*
Saws, edger (see Edgers).....	50	30	150	10	A	D	R	B	.....	High inertia*
Saws, gang.....	40	30	150	10	A	D	R	B	.....	High inertia*
Saws, trimmer.....	50	100	100	50	AW	FJ	R	L	.....	High inertia*
Screens, centrifugal, paper-mill.....	40	50	125	50	AW	DJ	R	L	.....	High inertia*
Screens, rotary, stone (trommel).....	70	100	100	1	A	DJ	R	B	.....	See text
Screens, vibrating.....	50	150	70	5	3	I	B	.....	.....	High inertia
Separators, air (fan-type).....	40	100	100	15	A	CJ	R	L	.....	See text
Shakers, foundry or car.....	50	150	70	5	AHC	S	K	B	.....	See text*
Shears, flywheel-type.....	50	50	120	10	A	D	R	B	.....	
Shovels, dragline, hoisting motion.....	50	150	100	4	A	CDJ	R	L	6:1	See text on Cranes*
Shovels, dragline, platform motion.....	50	100	100	4	A	CDJ	R	L	4:1	See text on Cranes*
Shovels, large, digging motion.....	50	200	200	3	ACW	CDJ	R	L	10:1	See text on Cranes*
Shovels, large, platform motion.....	50	100	100	4	ACW	CDJ	R	L	4:1	See text on Cranes*
Shredders (see Crushers, pulverizing).....	50	100	70	3	A	EJ	IV	B	.....	
Sifters, shaker-type.....	50	110	100	1	A	CD	R	L	2:1	Torque-limiting drive is desirable
Stokers, traveling-grate-type.....	100	110	150	1	A	C	R	L	.....	

Lanjutan Tabel Karakteristik Dari Macam-macam Beban.

Load description	Load torques, % full-load drive torques			Inertia ratio (see notes)	Ambient	Environment	Mounting	How driven?	Adjustable speed range, max	Remarks
	Break-away	Accelerating	Peak running							
Tension-maintaining drives...	100	100	100	1	AW	DE	R	L	10:1	See text
Textile machinery.....	50	100	90	2	A	EJ	R	L	.....	See text
Tools, machine.....	100	150	100	2	A	D	R	L	4:1	See text
Tools, machine, broaching, automatic	50	150	150	1	A	D	R	L	.....	Frequent starts and plugged stops
Tools, machine, lathe, metal, production	50	200	200	2	A	D	R	L	.....	Frequent starts, plugs and changes in depth of cut
Tools, machine, mill, boring, production, metal	100	125	100	4	A	D	R	L	20:1	Inertia depends on work on table
Tools, machine, milling, production.....	100	100	100	1	A	D	R	L	4:1	
Tools, machine, planer, production, metal (see Planers)										
Tools, machine, shaper, metal, automatic.....	50	75	150	2	A	D	R	B	3:1	Special engineering required
Vehicles, freight.....	200	200	200	50	AW	DJ	R	L	10:1	Special engineering required
Vehicles, passenger.....	100	400	200	25	AW	DJ	R	L		
Walkways, mechanized.....	50	50	100	2	A	.....	R	L		
Washers, laundry.....	25	75	100	4	AW	.....	R	B		
Winches.....	125	150	100	4	A	D	R	L	8	Drive must be coordinated with service
Wood hogs.....	60	100	200	30	AW	.....	R	L	.....	High inertia*

\*Special drive may be required.

## Notes for Table 1

**Inertia Ratio.** Load inertia compared with normal inertial capability of its drive motor (see elaboration below).

**Ambient**

- A. High altitude, which for motors may be in excess of 3,300 ft above sea level.  
 H. High temperatures, which for motors may be in excess of 104°F.  
 C. Extreme cold, 40° below zero Fahrenheit or lower. Such temperatures can affect lubricants to prevent starts.

W. High humidity, continuous exposure to atmospheres of 100 percent relative humidity and/or frequent "hose-downs."

**3.** Where A, H, and W may exist either simultaneously or individually at different times.**Environment**

C. Atmosphere heavy with carbon dust such as occasionally exists in rubber plants or coal- and coke-handling facilities.

D. "Dirty" or atmospheres containing abrasive dusts.

E. Explosive atmospheres (dust or gas).

F. Atmospheres containing relatively high concentrations of acid fumes.

J. Atmospheres containing quantities of chemical dusts which may be corrosive or gummy after exposure to high humidity.

5. All of above.

**Mounting**

H. Bolted or securely fastened to a metallic base so that whatever vibration is generated by the driven machine is transmitted directly to the motor.

I. Mounting provides some degree of vibrational isolation between driven machine and motor.

K. Hinged mounting, usually tensioning belt, at least partially, with weight of motor.

V. Vertical mounting can be required.

**How driven?**

B. Usually belted to motor.

L. Usually direct-connected to motor.

T. Direct-connected with axial thrust placed on motor bearings.

**Adjustable Speed Range.** Ratios indicate maximum ranges employed on equipment indicated.

S. Indicates that starting and stopping replace adjustable speed range.

**Note.** Any one application could not meet all conditions listed in the notes above.



## APPENDIKS B

### PERHITUNGAN BEBAN.

---

#### 1. MENGHITUNG GAYA-GAYA YANG BEKERJA.

Kawat baja yang digunakan untuk menggerakkan kereta gantung mempunyai data sebagai berikut :

- a. Massa jenis,  $\rho = 7,83 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ .
- b. Diameter,  $d = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$ .
- c. Panjang,  $p = 5407 \text{ m}$ .

Dari data di atas, maka massa dari kawat baja dapat dihitung, yaitu :

$$\begin{aligned} m_{\text{baja}} &= \rho \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot p \\ &= 7,83 \cdot 10^3 \cdot 0,25 \cdot \pi \cdot 0,02^2 \cdot 5407 \\ &= 13.300,5 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Gaya yang diperlukan untuk mengatasi hambatan udara :

$$\begin{aligned} F_U &= 20 \cdot 0,5 \cdot \rho \cdot C_a \cdot V_o^2 \cdot A \\ &= 20 \cdot 0,5 \cdot 1,202 \cdot 0,6 \cdot 11,11^2 \cdot 2,25 \\ &= 2002,94 \text{ N.} \end{aligned}$$

dimana :

$$F_U = \text{hambatan udara, N.}$$

$$\rho = \text{massa jenis udara; } 1,202 \text{ kg/m}^3.$$

$C_a$  = koefisien hambatan udara; 0,6.

$V_o$  = kecepatan angin; 11,11 m/detik.

$A$  = luas bidang muka kendaraan; 2,25 m<sup>2</sup>.

a. Pada keadaan  $t_1$  dan  $t_8$ .

- 12 kereta gantung terisi penumpang.
- 8 kereta gantung kosong.

Maka :

$$\begin{aligned} m &= m_{\text{terisi}} + m_{\text{kosong}} + m_{\text{kawat}} \\ &= 12 ( 350 + 300 ) + 8 \cdot 350 + 13.300,5 \\ &= 23.900,5 \text{ kg.} \end{aligned}$$

i. Gaya yang diperlukan untuk bergerak.

$$\begin{aligned} F_M &= m \cdot a \\ &= 23.900,5 \cdot 0,0695 \\ &= 1661,08 \text{ N.} \end{aligned}$$

ii. Gaya yang diperlukan untuk mengatasi hambatan gelinding.

$$\begin{aligned} F_G &= f_G \cdot W \\ &= f_G \cdot m \cdot g \\ &= 0,029 \cdot 23.900,5 \cdot 9,8 \\ &= 6792,52 \text{ N.} \end{aligned}$$

dimana :

$$f_G = \text{koefisien gelinding; } 0,029^{17)}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi bumi; } 9,8 \text{ m/detik}^2$$

**b. Pada keadaan  $t_2$ .**

- 16 kereta gantung terisi penumpang.
- 4 kereta gantung kosong.

Massa beban pada keadaan ini :

$$m = 16 ( 350 + 300 ) + 4 \cdot 350 + 13.300,5$$

$$= 25.100,5 \text{ kg.}$$

**i. Gaya yang diperlukan untuk bergerak.**

$$F_M = m \cdot a$$

$$= 25.100,5 \cdot 0,0695$$

$$= 1744,48 \text{ N.}$$

**ii. Gaya yang diperlukan untuk mengatasi hambatan gelinding.**

$$F_G = 0,029 \cdot 25.100,5 \cdot 9,8$$

$$= 7133,56 \text{ N.}$$

**c. Pada keadaan  $t_3$  dan  $t_4$ .**

- 20 kereta gantung terisi penumpang.
- tidak ada kereta gantung yang kosong.

---

<sup>17)</sup> N. Rudenko, op. cit, page 51.

Massa beban pada keadaan ini :

$$\begin{aligned} m &= 20 ( 350 + 300 ) + 13.300,5 \\ &= 26.300,5 \text{ kg.} \end{aligned}$$

i. Gaya yang diperlukan untuk bergerak.

$$\begin{aligned} F_M &= m \cdot a \\ &= 26.300,5 \cdot 0,0695 \\ &= 1827,88 \text{ N.} \end{aligned}$$

ii. Gaya yang diperlukan untuk mengatasi hambatan gelinding.

$$\begin{aligned} F_G &= 0,029 \cdot 26.300,5 \cdot 9,8 \\ &= 7474,6 \text{ N.} \end{aligned}$$

d. Pada keadaan  $t_5$ .

- 14 kereta gantung terisi penumpang.
- 6 kereta gantung kosong.

Massa beban pada keadaan ini :

$$\begin{aligned} m &= 14 ( 350 + 300 ) + 6 \cdot 350 + 13.300,5 \\ &= 24.500,5 \text{ kg.} \end{aligned}$$

i. Gaya yang diperlukan untuk bergerak.

$$\begin{aligned} F_M &= m \cdot a \\ &= 24.500,5 \cdot 0,0695 \\ &= 1702,78 \text{ N.} \end{aligned}$$

- ii. Gaya yang diperlukan untuk mengatasi hambatan gelinding.

$$\begin{aligned} F_G &= 0,029 \cdot 24.500,5 \cdot 9,8 \\ &= 6963,04 \text{ N.} \end{aligned}$$

- e. Pada keadaan  $t_6$ .

- 10 kereta gantung terisi penumpang.
- 10 kereta gantung kosong.

Massa beban pada keadaan ini :

$$\begin{aligned} m &= 10 ( 350 + 300 ) + 10 \cdot 350 + 13.300,5 \\ &= 23.300,5 \text{ kg.} \end{aligned}$$

- i. Gaya yang diperlukan untuk bergerak.

$$\begin{aligned} F_M &= m \cdot a \\ &= 23.300,5 \cdot 0,0695 \\ &= 1619,38 \text{ N.} \end{aligned}$$

- ii. Gaya yang diperlukan untuk mengatasi hambatan gelinding.

$$\begin{aligned} F_G &= 0,029 \cdot 23.300,5 \cdot 9,8 \\ &= 6622 \text{ N.} \end{aligned}$$

- f. Pada keadaan  $t_7$ .

- 8 kereta gantung terisi penumpang.
- 12 kereta gantung kosong.

Massa beban pada keadaan ini :

$$\begin{aligned} m &= 8 ( 350 + 300 ) + 12 \cdot 350 + 13.300,5 \\ &= 22.700,5 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

i. Gaya yang diperlukan untuk bergerak.

$$\begin{aligned} F_M &= m \cdot a \\ &= 22.700,5 \cdot 0,0695 \\ &= 1577,68 \text{ N.} \end{aligned}$$

ii. Gaya yang diperlukan untuk mengatasi hambatan gelinding.

$$\begin{aligned} F_G &= 0,029 \cdot 22.700,5 \cdot 9,8 \\ &= 6451,48 \text{ N.} \end{aligned}$$

## 2. KEADAAN PEMBEBANAN.

a. Pada keadaan  $t_1$  dan  $t_8$ .

i. Gaya total dari beban.

$$\begin{aligned} F_T &= F_U + F_M + F_G \\ &= 2002,94 + 1661,08 + 6792,52 \\ &= 10.456,54 \text{ N} \end{aligned}$$

ii. Daya yang diperlukan untuk menggerakkan beban.

$$\begin{aligned} P &= F_T \cdot V \\ &= 10.456,54 \cdot 1,389 \\ &= 14,52 \text{ KW.} \end{aligned}$$

Dengan memperhatikan faktor keamanan, maka daya pembebanan kereta gantung sebesar :

$$\begin{aligned} P_B &= P \cdot \alpha \\ &= 14,52 \cdot 1,7 \\ &= 24,68 \text{ KW.} \end{aligned}$$

dimana :

$$\alpha = \text{faktor keamanan; } 1,7$$

**b. Pada keadaan  $t_2$ .**

i. Gaya total dari beban.

$$\begin{aligned} F_T &= 2002,94 + 1744,48 + 7133,56 \\ &= 10.880,98 \text{ N.} \end{aligned}$$

ii. Daya yang diperlukan untuk menggerakkan beban.

$$\begin{aligned} P &= 10.880,98 \cdot 1,389 \\ &= 15,11 \text{ KW.} \end{aligned}$$

iii. Besarnya daya pembebanan adalah :

$$\begin{aligned} P_B &= 15,11 \cdot 1,7 \\ &= 25,69 \text{ KW.} \end{aligned}$$

**c. Pada keadaan  $t_3$  dan  $t_4$ .**

i. Gaya total dari beban.

$$\begin{aligned} F_T &= 2002,94 + 1827,88 + 7474,6 \\ &= 11.305,42 \text{ N.} \end{aligned}$$

ii. Daya yang diperlukan untuk menggerakkan beban.

$$\begin{aligned} P &= 11.305,42 \cdot 1,389 \\ &= 15,7 \text{ KW.} \end{aligned}$$

iii. Besarnya daya pembebanan adalah :

$$\begin{aligned} P_B &= 15,41 \cdot 1,7 \\ &= 26,69 \text{ KW.} \end{aligned}$$

d. Pada keadaan  $t_5$ .

i. Gaya total dari beban.

$$\begin{aligned} F_T &= 2002,94 + 1702,78 + 6963,04 \\ &= 10.668,76 \text{ N.} \end{aligned}$$

ii. Daya yang diperlukan untuk menggerakkan beban.

$$\begin{aligned} P &= 10.668,76 \cdot 1,389 \\ &= 14,82 \text{ KW.} \end{aligned}$$

iii. Besarnya daya pembebanan adalah :

$$\begin{aligned} P_B &= 14,82 \cdot 1,7 \\ &= 25,19 \text{ KW.} \end{aligned}$$

e. Pada keadaan  $t_6$ .

i. Gaya total dari beban.

$$\begin{aligned} F_T &= 2002,94 + 1619,38 + 6622 \\ &= 10.244,32 \text{ N.} \end{aligned}$$



ii. Daya yang diperlukan untuk menggerakkan beban.

$$\begin{aligned} P &= 10.244,32 \cdot 1,389 \\ &= 14,23 \text{ KW.} \end{aligned}$$

iii. Besarnya daya pembebanan adalah :

$$\begin{aligned} P_B &= 14,23 \cdot 1,7 \\ &= 24,19 \text{ KW.} \end{aligned}$$

f. Pada keadaan  $t_7$ .

i. Gaya total dari beban.

$$\begin{aligned} F_T &= 2002,94 + 1577,68 + 6451,48 \\ &= 10.032,1 \text{ N.} \end{aligned}$$

ii. Daya yang diperlukan untuk menggerakkan beban.

$$\begin{aligned} P &= 10.032,1 \cdot 1,389 \\ &= 13,93 \text{ KW.} \end{aligned}$$

iii. Besarnya daya pembebanan adalah :

$$\begin{aligned} P_B &= 13,93 \cdot 1,7 \\ &= 23,68 \text{ KW.} \end{aligned}$$

## USULAN TUGAS AKHIR

---

1. JUDUL TUGAS AKHIR : STUDI PERENCANAAN KERETA  
GANTUNG SEBAGAI SARANA  
TRANSPORTASI DI DAERAH WISATA  
GUNUNG BROMO.
2. RUANG LINGKUP : 1. Teknik Tenaga Listrik  
2. Mesin-mesin Listrik  
3. Penggunaan Mesin Listrik
3. LATAR BELAKANG : - Bertitik tolak dari tekad  
Pemerintah yang ingin  
memperbesar devisa dari sektor  
non migas, khususnya sektor  
pariwisata, maka dicanangkanlah  
program sadar wisata yang  
bertujuan untuk menarik arus  
wisatawan yang lebih besar ke  
Indonesia.  
- Gunung Bromo yang merupakan  
salah satu tempat wisata di  
Jawa Timur tentunya harus

berbenah diri dan menambah fasilitas-fasilitas yang ada sehingga dapat menunjang program sadar wisata tersebut.

- Kereta gantung yang merupakan salah satu alternatif alat transportasi di Gunung Bromo dipakai untuk mengatasi kesulitan transportasi di kawasan lautan pasir antara Cemaralawang dengan Kawah Bromo
- Pemakaian motor DC shunt sebagai penggerak dari kereta gantung dilakukan karena pengaturan motor DC shunt yang mudah, juga karena cocok untuk sifat pengoperasian yang memerlukan kecepatan konstan.

**4. PENELAAHAN STUDI :** Pembahasan tentang penggunaan motor DC shunt sebagai penggerak kereta gantung di daerah wisata Gunung Bromo, dengan menggunakan data umum dan data yang didapat pada lokasi.

**5. TUJUAN**

: Memberikan uraian yang jelas mengenai perencanaan kereta gantung sebagai sarana transportasi sehingga dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan bagi Pemerintah Daerah Jawa Timur dalam usaha mengatasi kesulitan sarana transportasi di kawasan lautan pasir Gunung Bromo.

**6. LANGKAH-LANGKAH**

- : - Mempelajari karakteristik motor dalam hubungannya sebagai penggerak kereta gantung.
- Mengumpulkan sumber-sumber literatur yang berhubungan dengan kereta gantung.
- Mengumpulkan data tentang situasi dan kondisi Gunung Bromo yang berkaitan dengan perencanaan sarana transportasi kereta gantung.
- Membahas transportasi kereta gantung di Gunung Bromo dengan mempergunakan motor DC shunt sebagai penggeraknya.

**7. RELEVANSI**

- : - Diharapkan pembahasan ini dapat dipakai dalam menentukan pemenuhan kebutuhan sarana transportasi di kawasan lautan pasir Gunung Bromo.
- Sebagai tambahan literatur untuk pembahasan masalah-masalah yang serupa.

**8. JADWAL PELAKSANAAN :**

Bulan ke Kegiatan	1	2	3	4	5	6
Studi Literatur						
Pengumpulan Data						
Analisa Data						
Pembahasan						
Penyusunan						